



**EESTI MAAÜLIKOOL**  
**Põllumajandus- ja keskkonnainstituut**

**Aigrid Kõõra**

**LINNADE MÕJU JÕGEDE FÜÜSIKALIS-  
KEEMILISELE SEISUNDILE VIIES EESTI LINNAS**

THE IMPACT OF CITIES ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL STATE OF RIVERS

**Magistritöö**

**Linna- ja tööstusmaastike korralduse erialal**

Juhendaja: vanemteadur Sirje Vilbaste, *PhD*

Tartu 2017

|  |               |   |            |
|--|---------------|---|------------|
| Eesti Maaülikool<br>Kreutzwaldi 1, Tartu 51014   |               | Magistritöö lühikokkuvõte                     |            |
| Autor: Aigrid Kõõra  |               | Õppekava: Linna- ja tööstusmaastike korraldus |            |
| Pealkiri: Linnade mõju jõgede füüsikalise-keemilisele seisundile viies Eesti linnas  |               |   |            |
| Lehekülgi: 57  | Jooniseid: 11 | Tabeleid: 26                                  | Lisasid: 1 |
| Osakond: Limnoloogia keskus<br>Uurimisvaldkond: Hüdrobioloogia<br>Juhendaja(d): Sirje Vilbaste<br>Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2017  |               |   |            |
| <p>Meie siseveekogudel on oluline tähtsus kalanduse, veevarustuse, reovee äravoolu, rekreatsiooni ja paiguti ka liikluse seisukohalt, ka looduse ilmestamisel ja kohaliku kliima kujunemisel. Linnad ja inimtegevus mõjutavad jõgesid. Üha kasvav tööstus toob kaasa reovee hulga suurenemise. Eesti jõgede saastekoormus tuleneb nii punkt- kui ka hajukoormusest.</p> <p>Töös on püstitatud hüpotees “linn mõjutab jõe ökoloogilist seisundit negatiivses suunas”.</p> <p>Magistritöös antakse ülevaade Eesti jõgede ökoloogilisest seisundist ja uuritakse viie Eesti linna näitel, kuidas linn mõjutab neid läbivate jõgede füüsikalise-keemilist kvaliteeti 1992-2015.aastatel. Analüüsitakse Räpinas Võhandu jõge, Tartus Emajõe, Keilas Keila jõge, Kundas Kunda jõge ja Tallinnas Pirita jõge.</p> <p>Jõgede seireandmeid töödeldi statistiliste meetoditega. Vaadeldavateks karakteristikuteks on vastavalt Keskkonnaministri määrusele nr 44 määratud vooluveekogumi ökoloogilise seisundi määramiseks füüsikalise-keemilise kvaliteedinäitajaid (pH, lahustunud hapniku küllastusprotsent, biokeemiline hapnikutarve, ammooniumioonide sisaldus, üldlämmastiku- ja üldfosforisisaldus). Vaid Emajõe ja Keila puhul on olemas seireandmed enne ja pärast linna, mis võimaldas andmeid analüüsida ka Mann-Whitney meetodiga. Emajões erinesid lahustunud hapniku protsent, pH, ammooniumioonide ja üldfosfori kontsentratsioonid. Kaks esimest näitajat olid kõrgemad Kvissentali jõelõigis ning orgaaniline reostus oli suurem jões pärast linna. Allpool Tartu linna Kavastu lõigis on vee seisund alates 1996.a paranenud. Mann-Whitney test näitas Keila jões statistiliselt olulisi erinevusi ammooniumiooni ja üldfosfori kontsentratsioonide osas. Mõlemad näitajad olid kõrgemad Keila linnast allavoolu jõe suudme-eelses lõigis. Seega vesi on rohkem reostunud pärast linna. On näha, et enne linna esineb head ja väga head ökoloogilist seisundit rohkem kui pärast linna. Pirita, Kunda ja Võhandu jõgede puhul tehakse seiret vaid ühest kohast. Seega pole võrreldavaid andmeid enne ja pärast linna. Jõed on valdavalt heas ja väga heas seisundiklassis.</p> <p>Püstitatud hüpotees leidis kinnituse.</p> <p>Märksõnad: veekogu ökoloogiline seisund, kvaliteedinäitajad, punktkoormus, hajukoormus</p> |               |   |            |

|   |             |  |               |
|---|-------------|--|---------------|
| Estonian University of Life Sciences<br>Kreutzwaldi 1, Tartu 51014  |             | Abstract of Master's Thesis                              |               |
| Author: Aigrid Kõõra  |             | Specialty: Management of Urban and Industrial Landscapes |               |
| Title: The Impact of Cities on the Physical and Chemical State of Rivers  |             |  |               |
| Pages: 57   | Figures: 11 | Tables: 26   | Appendixes: 1 |
| Department: Centre For Limnology<br>Field of research: Hydrobiology<br>Supervisors: Sirje Vilbaste<br>Place and date: Tartu 2017  |             |  |               |
| <p>Our inland bodies of water are important factors in the subjects of fishing, water supply, waste water drainage, recreation and occasionally traffic, but also as an addition to the landscape, and in the formation of local climate. Cities and human activity affect the rivers. Industrial increase also translates to an increase in the volume of waste water. The contamination load of Estonian rivers is caused by both point and non-point sources.</p> <p>The thesis explores the idea that the presence of city settlement influences the ecological state of the river in a negative manner.</p> <p>This Master's thesis provides an overview of the state of rivers in Estonia, and examines the impact cities have on the rivers passing through them in terms of physical and chemical quality in the years 1992-2015. Observed are the Võhandu river in Räpina, Emajõgi river in Tartu, Keila river in Keila, Kunda river in Kunda and Pirita river in Tallinn.</p> <p>The thesis will analyze the monitoring data of rivers with statistical methods. The observable characteristics are, as per regulation nr. 44 assigned by the Minister of Environment, the physical-chemical quality indicators to define the ecological state of a watercourse, which include pH, saturation levels of dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, ammonium ion content, total nitrogen content and total phosphoric content. Only the Emajõgi and Keila rivers provide monitoring data prior and post urban establishment, which enabled the current thesis to analyze the data using the Mann-Whitney method. The Emajõgi river showed differences in the percentage of dissolved oxygen, pH, and concentrations of ammonium ions and total phosphoric content. Water conditions in downstream Tartu, in the Kavastu river section have improved since 1996. The Mann-Whitney test showed a slightly different result in Keila river. Statistically important differences appeared only in the concentrations of ammonium ions and total phosphoric content. Both figures showed an increase downstream from the Keila city, in the section preceeding the river mouth. Thus, contamination indicators show an increase after urban establishment. Keila's data also shows more good and high water states prior to urban establishment as opposed to after. The Pirita, Kunda and Võhandu rivers are monitored from a single area. Because of this, there exists no comparable data of contamination levels prior and post urban establishment. These rivers have been primarily in good and high class conditions.</p> <p>The posed hypothesis was confirmed.</p> <p>Keywords: ecological status of water body, quality characteristics, point source water pollution, non-point source water pollution</p> |             |  |               |

# SISUKORD

|   |           |
|---|-----------|
| <b>SISSEJUHATUS</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>TÄNUAVALDUSED</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>1. KIRJANDUSE ANALÜÜS</b> .....  | <b>7</b>  |
| 1.1. OLULISED VEEMAJANDUSPROBLEEMID EESTIS .....  | 7         |
| 1.2. VEEKOGUDE SEISUNDI HALVENEMINE .....   | 7         |
| 1.3. PUNKTKOORMUS .....   | 8         |
| 1.4. HAJUKOORMUS .....  | 9         |
| 1.5. EESTI JÕGEDE SEISUND EUROOPA LIIDU SEISUKOHALT .....   | 10        |
| 1.6. VOOLUVEEKOGUMI ÖKOLOOGILISE SEISUNDIKLASSI MÄÄRAMISEL KASUTATAVAD<br>KVALITEEDIELEMENDID JA KVALITEEDINÄITAJAD ..... | 11        |
| 1.7. EESTI JÕGEDE KOORMUSALLIKAD .....  | 12        |
| 1.8. EESTI VEEKOGUDE SEISUND .....  | 13        |
| 1.9. EESTI JÕGEDE SEISUND 1992-2014 .....   | 15        |
| 1.10. REOSTUSTUNDLIKUD ALAD .....   | 17        |
| <b>2. VAADELDAVATE LINNADE ÜLEVAADE</b> .....   | <b>18</b> |
| 2.1. TARTU .....  | 18        |
| 2.2. KEILA .....  | 19        |
| 2.3. KUNDA .....  | 20        |
| 2.4. TALLINN .....  | 21        |
| 2.4.1. Pirita linnaosa .....  | 22        |
| 2.5. RÄPINA .....   | 23        |
| <b>3. VAADELDAVATE JÕGEDE ÜLEVAADE</b> .....  | <b>24</b> |
| 3.1. EMAJÕGI .....  | 24        |
| 3.2. KEILA JÕGI .....   | 26        |
| 3.3. KUNDA JÕGI .....   | 27        |
| 3.4. PIRITA JÕGI .....  | 27        |
| 3.5. VÕHANDU JÕGI .....   | 29        |
| <b>4. MATERJAL JA METOODIKA</b> .....   | <b>31</b> |
| <b>5. TULEMUSED</b> .....   | <b>36</b> |
| 5.1. UURITUD JÕELÕIKUDE KVANTITATIIVSETE TUNNUSTE ISELOOMUSTUS .....  | 36        |
| 5.2. MANN-WHITNEY TEST .....  | 38        |
| 5.3. VAADELDAVATE JÕGEDE ÖKOLOOGILISED SEISUNDIKLASSID .....  | 39        |
| <b>6. ARUTELU</b> .....   | <b>42</b> |
| <b>KOKKUVÕTE</b> .....  | <b>47</b> |
| <b>SUMMARY</b> .....  | <b>49</b> |
| <b>KASUTATUD KIRJANDUS</b> .....  | <b>52</b> |
| <b>LISAD</b> .....  | <b>55</b> |

## SISSEJUHATUS

Puhas vesi on oluline ressurss üle kogu maailma. Veekogude seisundi järelvalve on oluline saamaks ülevaadet veekogude olukorrast ja parandamaks keskkonnatingimusi, kus vaja, kuna vee kvaliteedil on otsene seos ökosüsteemide ja inimese tervisega (Troyer *et al* 2016).

Aegade algusest peale on linnad tekkinud jõgede äärde. Meie siseveekogudel on oluline tähtsus kalanduse, veevarustuse, reovee äravoolu, rekreatsiooni ja paiguti ka liikluse seisukohalt, samuti looduse ilmestamisel ja kohaliku kliima kujunemisel (Järvekülg 1994).

Linnad ja inimtegevus mõjutavad jõgesid. Inimühiskonna urbaniseerumise ja tööstuse suurenemisega suureneb ka reovee hulk (Jamwal *et al* 2015). Kaasaegsed linnad kasutavad tavaliselt reoveepuhastuse tehnoloogiaid koos maa-aluste kanalisatsioonitrassidega, et vähendada reostuse mõju keskkonnale ja ohtu inimeste tervisele. Reoveepuhastites kasutatakse füüsikalist, keemilist ja bioloogilist puhastust, et vähendada orgaaniliste ainete osakaalu reovees. Puhastatud heitvesi lastakse, kas pinnaveekogumitesse või taaskasutatakse mittejoogikõlbulikel eesmärkidel (Jamwal *et al* 2015).

Antud magistritöös antakse ülevaade Eesti jõgede seisundist ja uuritakse viie Eesti linna näitel, kuidas linn mõjutab neid läbivate jõgede füüsikalis-keemilist kvaliteeti 1992-2015.aastatel. Vaatluse all on Räpinas Võhandu jõgi, Tartus Emajõgi, Keilas Keila jõgi, Kundas Kunda jõgi ja Tallinnas Pirita jõgi.

Töös analüüsitakse jõgede seireandmeid statistiliste meetoditega. Vaadeldavateks karakteristikuteks on vastavalt Keskkonnaministri määrusele nr 44 (28.07.2009) määratud vooluveekogumi ökoloogilise seisundi määramiseks füüsikalisi-keemilisi kvaliteedinäitajaid, milleks on pH, lahustunud hapniku küllastusprotsent, biokeemiline hapnikutarve ( $BHT_5$ ), ammooniumioonide sisaldus ( $NH_4^+$ ), üldlämmastiksisaldus ( $N_{\text{üld}}$ ) ja üldfosforisisaldus ( $P_{\text{üld}}$ ) (Pinnaveekogumite moodustamise kord... 2009).

Töös on püstitatud hüpotees “linn mõjutab jõe ökoloogilist seisundit negatiivses suunas”.

## **TÄNUAVALDUSED**

Täna südamest oma suurepärase juhendajat Sirje Vilbastet, kes oli kogu töö kirjutamise perioodi suureks igakülgselt abiks. Samuti soovin tänada Peeter Palli, kes aitas jõgede seireandmete ökoloogiliste seisundiklasside arvutuste tegemisel valemite näol. Tänuavaldus ka Siim Reinlale, kes aitas geoinfosüsteemiga.

# **1. KIRJANDUSE ANALÜÜS**

## **1.1. Olulised veemajandusprobleemid Eestis**

Eestis on täna mitmeid veemajandusprobleeme, mis halvendavad pinnavee seisundit. Olulised veemajandusprobleemid on:

- punktkoormusallikatest reovee ja sademevee kogumine ja puhastamine, veeheide;
- reoainete veekeskkonda sattumine ohutustamata prügilatest ja jääkreostuskolletest;
- põllumajanduslik hajukoormus;
- veetranspordist põhjustatud õnnetusjuhtumid;
- veekogude füüsilised muutmised (maaparandus, paisud, veekogude põhjade mudastamine ja sisereostus, veekogudest pinnase kaevandamine, laevateede süvendamine, tammid, muulid);
- olme ja tööstusveevõtt;
- maavarade kaevandamisega kaasnev veeheide, kuivendus, olemasolevate veekogude kadumine ja uute teke.

Tulevikus võivad probleeme tekitada ka võõrliigid, kalakasvatus ja linnastumine (Ülevaade olulistest veemajandusprobleemidest 2008).

## **1.2. Veekogude seisundi halvenemine**

Halvenevat vee kvaliteeti ja veeökosüsteemide seisundi üldist halvenemist inimtegevusest tulenevalt on täheldatud paljudes piirkondades üle maailma. Halvenemine on põhjustatud nii punkt- kui ka hajureostusest. Punktreostuse mõju (nt heitvesi) saab lokaliseerida ja täpselt määratleda, samas kui hajureostuse (nt äravool põllu- või linnapiirkondades) mõju on vähem selge, sest reostuse päritolu ja mahtu on raskem määratleda. Saasteainete

sattumine vooluveekogusse tähendab seda, et reostus kandub vooluga kaugemale edasi (Bayram *et al* 2012).

Koormus pinnaveele tuleneb veevõtust:

- 1) niisutuse tarbeks põllumajanduses;
- 2) ühisveevärgi veevarustuse tarbeks;
- 3) tootmise tarbeks;
- 4) elektritootmise tarbeks, sealhulgas jahutusveeks;
- 5) kalakasvatuste tarbeks;
- 6) hüdroenergia tootmise tarbeks, kuid mitte jahutusveeks;
- 7) maapealsete kaevanduste tarbeks;
- 8) navigatsiooni tarbeks, näiteks laevatatavate veekogude jaoks;
- 9) vee edasikandmiseks eri otstarbel;
- 10) muuks tarbeks (Inimtegevuse tulemusena veekeskkonnale...).

### **1.3. Punktkoormus**

Punktkoormus avaldub selliste tegevuste tagajärjel, mille tulemusena juhitakse või satub konkreetse asukohaga määratud toruotsa või väljalaskme kaudu veekogusse heitvett, sademevett või saasteaineid (Metspalu, Kändler 2014). Punktkoormusena käsitletakse asulate heitvett, tootmisettevõtete reovett, loomakasvatusest, kalakasvatusest ja jäätmemajandusest tingitud reostuseid (Peipsi järve seisundi... 2012).

Vee ökoloogilist seisundit halvendab näiteks tööstuslik heitvesi ning seetõttu tuleb tõhustada järelevalvet tööstusliku heitvee heite üle. Heitvee väljalask võib olla suure kui ka väikse käitise. Suure heitvee väljalaske puhul peab olema keskkonnakompleksluba ja väiksema väljalaske puhul vee-erikasutusluba. Igasugune heitvee puhastamine ja keskkonda juhtimine on sätestatud vastavates rakendusaktides (Meetmeprogramm 2015–2021, 2016).

Järgnevalt on välja toodud inimtegevuse tulemusena pinnaveekogumitele avalduvate punktkoormuste näidisnimekiri potentsiaalsetest koormusallikatest. Loetelu on koostatud vastavalt Euroopa Komisjoni veepoliitika raamdirektiivi rakendamise juhendile.



Punktkoormus pinnaveele tuleneb:

- 1) reoveepuhastist;
- 2) sademevee ülevoolust;
- 3) keskkonna kompleksloa alusel tegutsevast käitisest;
- 4) muust käitisest, välja arvatud keskkonnakompleksloa alusel tegutsevast käitisest;
- 5) muust punktkoormusest, näiteks väikeasulast või väikeselt reoveekogumisalalt, mis võib põhjustada olulist mõju pinnavee seisundile (Inimtegevuse tulemusena veekeskkonnale...).

## **1.4. Hajukoormus**

Veekogumitel, mille puhul on tuvastatud veekvaliteedi osas halb seisund, ja alal ei ole silmapaistvalt olulisi punktreostusallikaid, on seisundi põhjus hajukoormusest tingitud (Meetmeprogramm 2015–2021, 2016). Hajureostusena vaadeldakse põllumajanduslikku hajukoormust, metsamajandust, kanaliseerimata majapidamisi ja õhu kaudu levivat saastet (Peipsi järve seisundi... 2012).

Suureks hajukoormuse allikaks on ka ühiskanalisatsioonita asulad. Kanalisatsioon puudumisel on oht, et käitlemata reovesi suunatakse veekogudesse ning seeläbi satuvad vette toitained, mis veekogu reostavad. Sellistel aladel on väga oluline, et toimuks reovee nõuetekohane kogumine ja käitlemine. Saastekoormust põhjustab asulates ka sademevee juhtimine veekogudesse kaetud aladelt ja taristuobjektidelt (Meetmeprogramm 2015–2021, 2016).

Järgnevalt on välja toodud inimtegevuse tulemusena pinnaveekogumitele avalduvate hajukoormuste näidisnimekiri potentsiaalsetest koormusallikatest. Loetelu on koostatud vastavalt Euroopa Komisjoni veepoliitika raamdirektiivi rakendamise juhendile.

**Hajukoormus pinnaveele tuleneb:**

- 1) sademevee ülevoolust, juhul kui koormust ei ole võimalik täpsemate andmete puudumise tõttu punktkoormusena arvestada, või teedelt ja tänavatelt äravoolavast sademeveest;

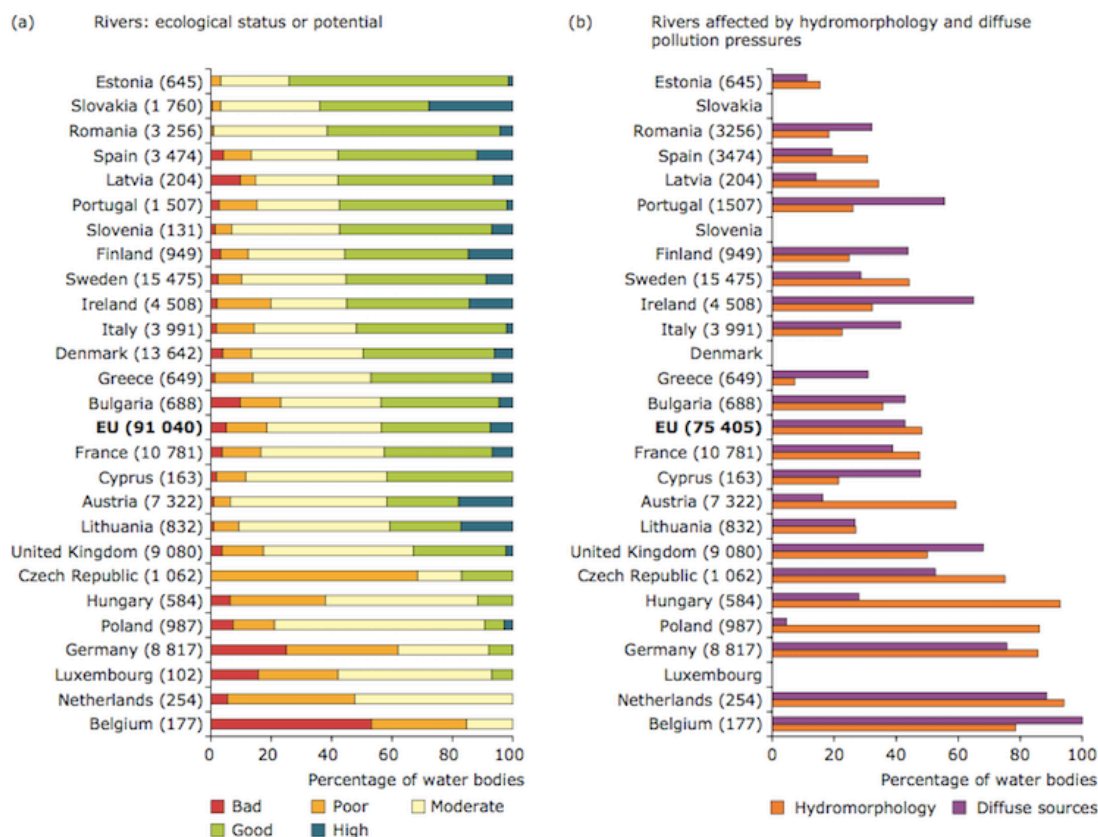
- 2) põllumajandustegevuse tõttu tekkivast koormusest, sealhulgas leostumisest, erosioonist, liigveest, kuivendussüsteemide kaudu juhitud veest;
- 3) transpordivahenditest ning transpordivahenditega seotud infrastruktuuridest pärinevast koormusest, sealhulgas laevadelt, rongidelt, autodelt, lennukitelt ning nendega seotud, kuid linnapiirkonnast väljaspool asuvatest infrastruktuuridest lähtuvast koormusest;
- 4) mittekasutatavast endisest mahajäetud tööstusalast;
- 5) heidetest olmereovee kogumise või töötlemisega seotud rajatistest piirkondades, kus puudub reoveekogumissüsteem, näiteks tekivad lekked septikutest jms;
- 6) muust hajukoormusest (Inimtegevuse tulemusena veekeskkonnale...).

## **1.5. Eesti jõgede seisund Euroopa Liidu seisukohalt**

Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivi järgi määratakse looduslikel jõgedel ökoloogiline seisund. Tugevasti muudetud veekogudel määratakse potentsiaal. Jõgede ökoloogiline seisund või potentsiaal on Euroopa Liidu jõgedes erinev. Mõnes liikmesriigis on rohkem kui pooled jõgedest vähemalt heas ökoloogilises seisundis. Näiteks Eestis ja Iirimaa on jõed heas seisundis (joonis 1 (a)), kuid teistes liikmesriikides on vähem kui 20% jõgedest heas ökoloogilises seisundis (näiteks Tšehhis, Ungaris, Poolas, Saksamaal, Luksemburgis, Hollandis ja Belgias).

On selgusetu, miks erinevate liikmesriikide vahel on jõgede kvaliteet niivõrd erinev. Isegi näiteks naaberriikide jõgede seisund on väga erinev (nt Leedu ja Läti või Ungari ja Rumeenia). On välja pakutud selgitus, et see võib osaliselt olla põhjustatud erinevatest lähenemisviisidest kvaliteedihindamisele.

Kesk- ja Loode-Euroopa liikmesriikides on kõrge asustustihedus ja intensiivne põllumajandus ning seal on tavaliselt suur osa jõgedest kesises või halvas seisundis. Põhja-Euroopas ja ka mujal Euroopas (nt Rumeenias, Hispaanias, Portugalis, Sloveenias, Slovakkias, Iirimaa ja Itaalias), kus on hõredam asustus ja vähem haritavat maad, on jõed peamiselt heas ökoloogilises seisundis. Nendes riikides on jõgede seisundit peamiselt mõjutanud hajureostus ja hüdro-morfoloogilised tegurid (joonis 1 (b)) (European Environment Agency 2012).



Joonis 1. EL liikmesriikide jõgede ökoloogiline seisund või potentsiaal (a) (high-väga hea, good-hea, moderate-kesine, poor-halb, bad-väga halb) ning hüdro-morfoloogia (hydromorphology) ja hajureostuse (diffuse sources) osakaal (b) 2012 (allikas European Environment Agency 2012)

## 1.6. Vooluveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel kasutatavad kvaliteedielemendid ja kvaliteedinäitajad

Vastavalt Keskkonnaministri määrmuses väljatoodud kvaliteedinäitajate koondhinnangule määratakse veekogumite seisundiklassid. Igale näitajale antakse 5-pallisel skaalal hindepunkte (5-väga hea, 4-hea, 3-kesine, 2-halb, 1-väga halb). Tulemuste kokkuliitmisel selgub veekogu seisundiklass.

Üldlämmastik ( $N_{\text{üld}}$ ) kirjeldab lämmastikühendite (orgaaniline lämmastik, ammoonium-, nitrit- ja nitraatlämmastik) summaarset kogust. Jõgede aasta keskmine üldlämmastiku sisaldus on suures osas mõjutatud nii põllumajanduslikust hajukoormusest kui ka meteoroloogilistest tingimustest. Seetõttu esineb jõgede aasta keskmistes  $N_{\text{üld}}$  sisaldustes kõikumisi.

Üldfosfor ( $P_{\text{üld}}$ ) on vees lahustunud mineraalsete ja orgaaniliste fosforiühendite summa. Nii lämmastikühendid kui ka fosforiühendid on taimetoiteaineteks, mille kõrge sisaldus põhjustab veekogude eutrofeerumise.

Reoveepuhastitest veekokku juhitud orgaaniline aine võib põhjustada vee hapnikusisalduse langust. BHT (biokeemiline hapnikutarve) on näitaja, mis väljendab vees sisalduva lahustunud orgaanilise aine bioloogiliseks mineraliseerumiseks kuluvat hapniku kogust.  $BHT_5$  ja  $BHT_7$  väljendavad vastavalt 5- või 7-päevast hapnikukulu (Kärmas *et al* 2016).

Vesinikueksponent (pH) iseloomustab vee happelisust, neutraalsust või aluselisust. Neutraalse vee pH on 7, happelise vee pH väiksem 7 ja aluselise vee pH suurem 7. Looduslike veekogude vee pH väärtused olenevad peamiselt vee süsinikdioksiidi ehk süsihappegaasi sisaldusest ja muutuvad üldjoontes sarnaselt  $CO_2$  kontsentratsiooni muutustega (Järvekülg 2001).

Ammooniumioonide kõrge sisaldus, nagu ka  $P_{\text{üld}}$  suurenenud kontsentratsioon näitab orgaanilist reostust.

Lahustunud hapniku küllastusprotsent näitab kui palju on vees hapnikku lahustunud. Mida kõrgem protsent, seda rohkem hapnikku ja seda paremad tingimused veeorganismide eluks. Kui on palju orgaanilist reostust, siis hapniku hulk vees väheneb biokeemiliste reaktsioonide tagajärjel ja elustikule jääb vähem hapnikku. Vees lahustunud hapnik on pöördvõrdelises sõltuvuses vee temperatuurist. Külmas vees on rohkem hapnikku kui soojas vees.

## **1.7. Eesti jõgede koormusallikad**

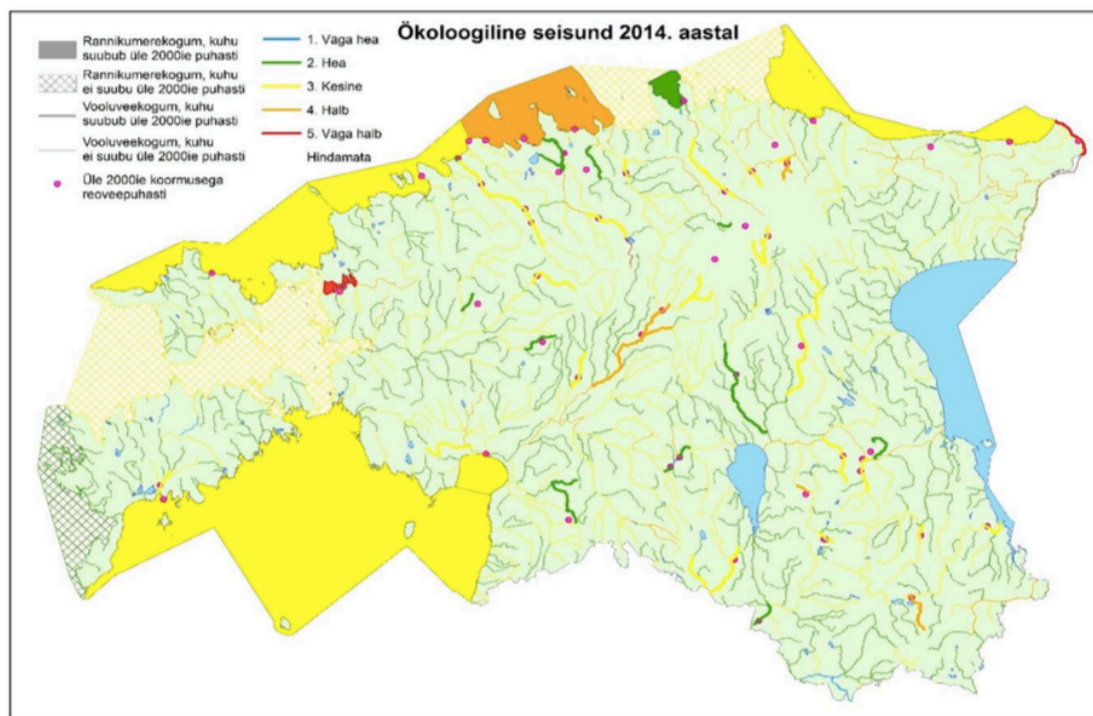
Inimtegevuse mõju veekogudele suureneb pidevalt. Eesti siseveekogudes toimub kaks ebasoovitavat üldist protsessi, milleks on kiire toitainetega rikastumine ja reostuse suurenemine. Tulemuseks on järvede ja jõgede vee omaduste halvenemine, elustiku muutumine või isegi paigutine häving, veekogude vananemine, nende kalandusliku, veemajandusliku ja puhkeotstarbelise väärtuse vähenemine (Järvekülg 1994).

Eestis on suurimateks veekogude reostusallikateks hajukoormusallikad, milleks on metsast ja põllult leostuvad saasteained, eeskätt fosfori- ja lämmastikuühendid, kanalisatsiooniga

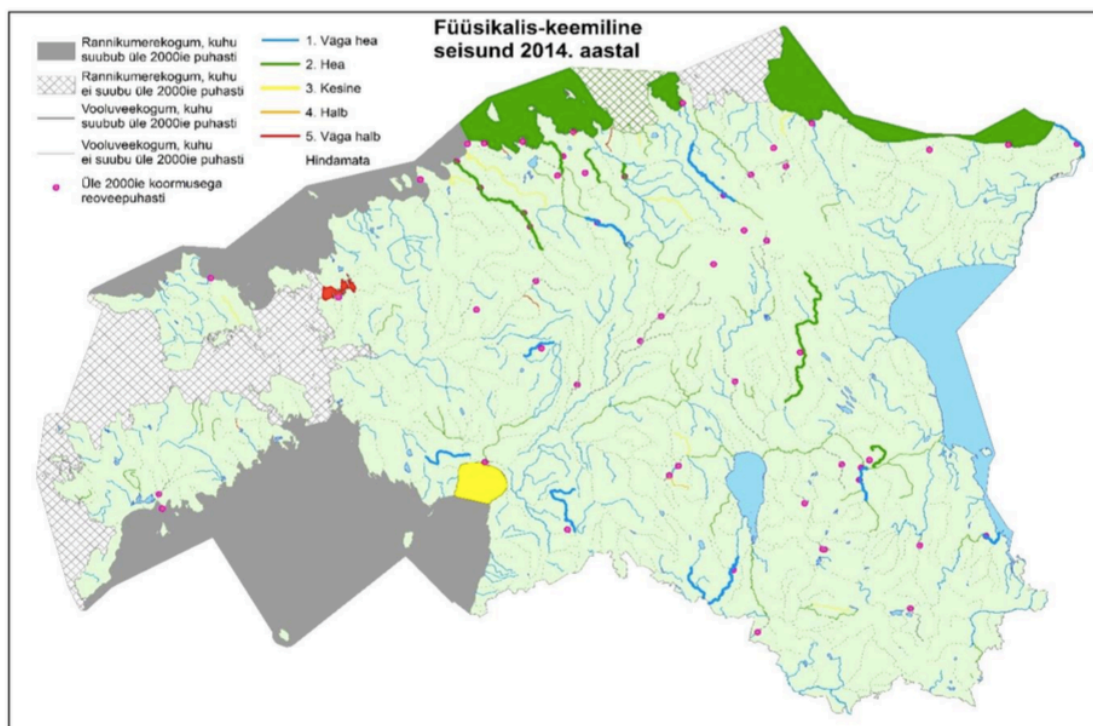
ühendamata aladelt pärit saasteained (mis põhjustab ligikaudu 47% kogu inimtekkelisest reostusest) ning ka punktkoormusallikad, milleks on näiteks reoveepuhastid ja sõnnikuhoidlad, konkreetse asukohaga väljalaskme kaudu juhitud heitvesi, sadevesi või saasteained (mis moodustavad 15% kogu inimtekkelisest reostusest). Samuti mõjutab veekogude ökoloogilist seisundit veevõtt ja füüsiline mõjutamine nagu näiteks süvendamine, paisutamine ja vee vaba voolamise tõkestamine (Reisner *et al* 2013). 2008.a tehtud arvutustest selgus, et 15% Eesti jõgedest on ohus punktreostuse tõttu (Vassiljev *et al* 2008).

## **1.8. Eesti veekogude seisund**

Veekogu seisundit mõjutab reostuskoormus ja koormuse ulatus veekogule on seotud otseselt reovee puhastamise tõhususega. Mereäärsetesse linnadesse on koondunud suurem osa nii tööstusest kui elanikkonnast. Seal juhitakse valdav osa heitveest (ca 60%) Eestis rannikumerre. Peaaegu kogu ülejäänud heitvesi suunatakse jõgedesse ja väga väike osa juhitakse pinnasesse või põhjavette. Alljärgnevad joonised (2 ja 3) kirjeldavad Eesti veekogumite ökoloogilist ja füüsikalise-keemilist seisundi hinnangut 2014.aastal nendes kogumites, kuhu juhitakse heitvesi (Kärmas *et al* 2016).



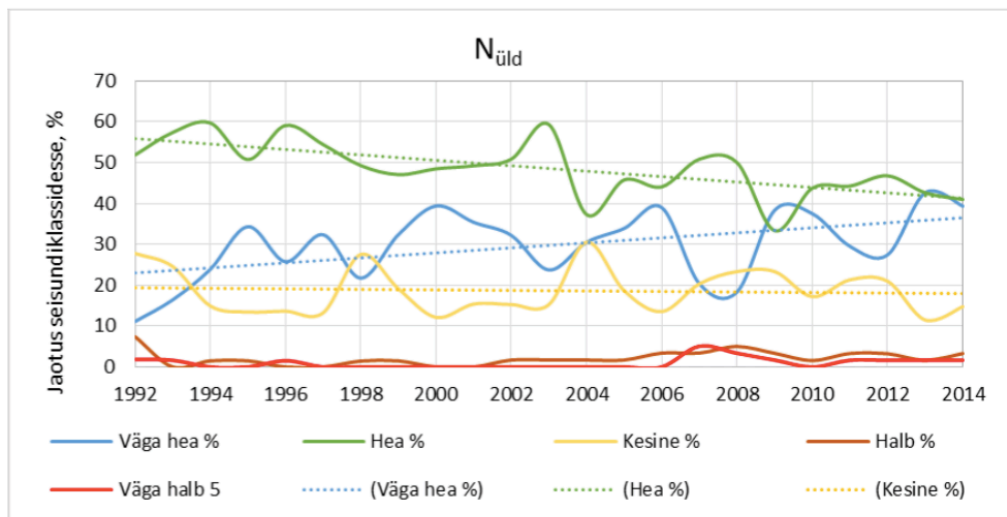
Joonis 2. Eesti veekogumite ökoloogiline seisund 2014.aastal (Kärmas *et al* 2016)



Joonis 3. Eesti veekogumite füüsikalis-keemiline seisund 2014.aastal (Kärmas *et al* 2016)

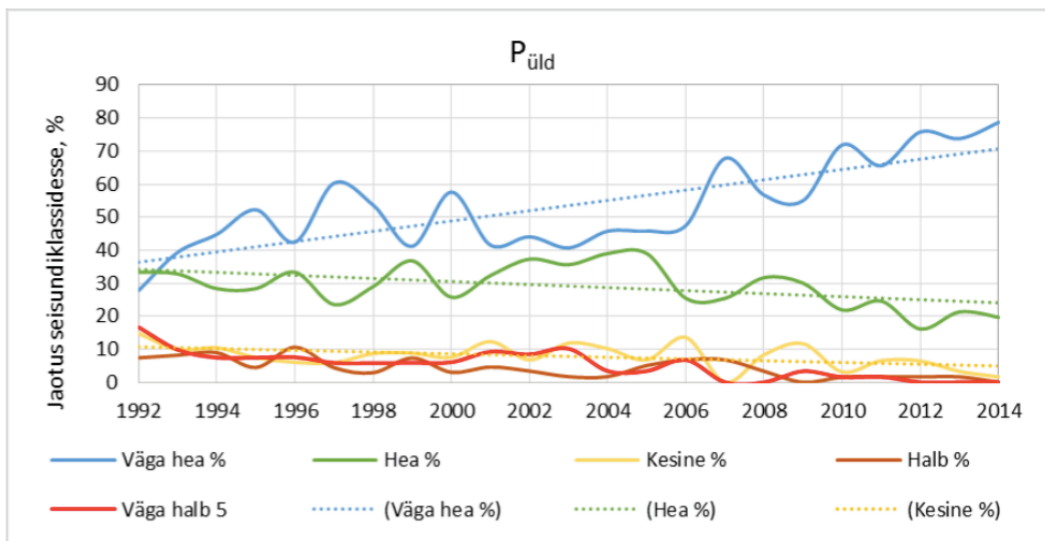
## 1.9. Eesti jõgede seisund 1992-2014

Joonistel 4-6 on esitatud  $N_{\text{üld}}$ ,  $P_{\text{üld}}$  ja  $BHT_5$  hindepunktide (väga heast väga halvani) alusel leitud muutused jõgede seirejaamades 1992-2014 (Kärmas et al 2016).



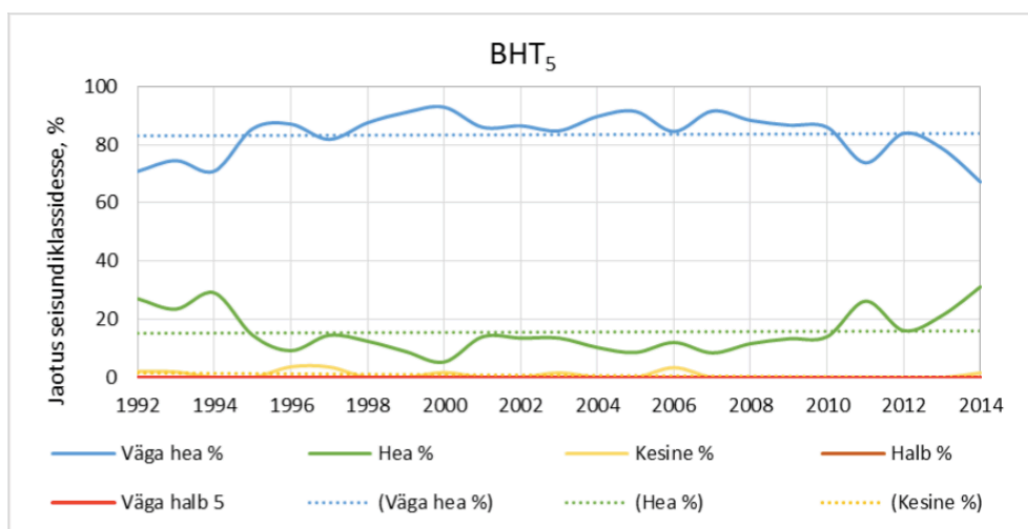
Joonis 4.  $N_{\text{üld}}$  seisundiklasside iga-aastased protsentuaalsed jaotused jõgede hüdrokeemilise seire jaamades 1992-2014 (Kärmas et al 2016)

Üldläämmastiku sisaldus seisundiklasside alusel näitab seirejaamades väga hea seisundi osakaalu suurenemist. Heasse ja väga heasse seisundiklassi kuulub  $N_{\text{üld}}$  alusel ca 80% seirataivatest Eesti jõgedest. Veidi alla 20% jõgedest on  $N_{\text{üld}}$  alusel kesises seisundis ja alla 3% halvas või väga halvast seisundis (joonis 4) (Kärmas et al 2016).



Joonis 5.  $P_{\text{üld}}$  seisundiklassile iga-aastased protsentuaalsed jaotused jõgede hüdrokeemilise seire jaamades 1992-2014 (Kärmas *et al* 2016)

Üldfosfori sisaldus on muutunud sarnaselt üldlämmastikuga 1992-2014. Suurenenud on väga hea seisundi osakaal. Samuti on vähenenud kesisesse, halba ja väga halba seisundklassi kuuluvate jõgede osakaal. Heasse ja väga heasse seisundiklassi kuulub ca 95% seiratavatest Eesti jõgedest. Veidi alla 5% jõgedest on  $P_{\text{üld}}$  alusel kesises seisundis, halvas või väga halvas seisundis (joonis 5) (Kärmas *et al* 2016).



Joonis 6.  $BHT_5$  seisundiklasside iga-aastased protsentuaalsed jaotused jõgede hüdrokeemilise seire jaamades 1992-2014 (Kärmas *et al* 2016)



BHT<sub>5</sub> alusel hinnatud orgaanilise aine sisaldus näitab, et enamik jõgedest kuulub väga heasse (80%) või heasse (veidi alla 20%) seisundiklassi. Bioloogilise hapnikutarbe seisundiklasside alusel suuri muutusi perioodil 1992-2014 ei ole. Samal ajaperioodil on näha reoveepuhastite tõhuse kasvu üldfosfori osas. Kui vaadelda üldlämmastikku, siis seisund on püsinud peaaegu muutumatuna. Põhjusena saab välja tuua asjaolu, et põhiosa jõgede lämmastikukoormusest pärineb hajukoormusest (joonis 6) (Kärmas *et al* 2016).

## **1.10. Reostustundlikud alad**

Euroopa Liidu liikmesriigid peavad asulareovee puhastamise direktiivi järgi määrama tundlikud ja vähem tundlikud suublad. Vastavalt veeseaduse §36 lõikele 2 on kõik heitveesuublad reostustundlikud. Kogu Eesti territoorium on asulareovee puhastamise direktiivi mõistes määratud reostustundlikuks. Seetõttu on Eestis reovee puhastamisele kehtestatud nõuded tunduvalt rangemad kui vähem tundlike suublatega piirkondades. Tundlikeks suublateks tuleb määrata kõik veekogud, mis on reostunud või võivad kergesti reostuda ning millel on rohketoiteliseks muutumise ja kinnikasvamise oht (Danilišina *et al* 2012).

## 2. VAADELDAVATE LINNADE ÜLEVAADE

### 2.1. Tartu

Tartu asub Ida-Eestis, Tartu maakonna keskosas. Linn piirneb Tartu, Luunja, Ülenurme ja Tähtvere vallaga. Tartu linn on rahvaarvult teine linn Eestis ja tõmbekeskuseks kogu Lõuna-Eestile (tabel 1). Rahvaarv on kahaneva tendentsiga (lisa 1).

Tabel 1. Tartu linna rahvaarv, pindala ja asustustihedus (allikas Statistikaamet 2017)

| Rahvaarv (1.01.16) | Pindala (km <sup>2</sup> ) | Asustustihedus (in/ km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 93 687             | 38,97                      | 2 404,1                               |

Tartu linna läbivad Eesti pikim, Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee ja Tallinn-Valga raudtee. Linna lähedal Ülenurmes asub lennujaam, kust toimuvad otselennud Riiga ja Stockholmi. Läbi linna voolab 10 km ulatuses ka Eesti ainus kogu pikkuses laevatata jõgi Emajõgi, mis ühendab Võrtsjärve ja Peipsi järve (Statistikaamet 2017).

Tartus hakati reovett puhastama 1996.a, kui valmis reoveepuhasti mehaaniline osa (võred, liivapüünised, setiti, settetihend, settepressid, pumplad). Mehaaniline reoveepuhasti võimaldab eemaldada võreprahi, 50% heljumist ja 25% BHT-st. Veerand Tartu linna reoveest suunati reoveepuhastisse. Majade juures olid küll septikud, kuid enamik reoainetest voolas siiski jõkke. Selline reostuskoormus ületas oluliselt looduslikku isepuhastusvõimet ja osa reostusest jõudis ka Peipsi järve.

1999.a avati reoveepuhasti bioloogiline osa, kus puhastati bakterite abil aerotankides, mis võimaldas eraldada 95% heljumist ja BHT-st. Eraldati ka 80% fosforist ja 50% lämmastukust. Sel ajal suunati 80% Tartu linna reovett reoveepuhastisse, mis oli erandlik tol ajal (Tartu Veevärk 2017).

Järgnevas tabelis (tabel 2) on välja toodud Tartu linna veeheide 2007-2015 heitveeliikide järgi.

Tabel 2. Tartu linna veeheide heitveeliikide järgi (tuhat m<sup>3</sup>/aastas) (allikas: keskkonnaagentuur.ee)

| Aasta | Kokku    | Kokku va<br>jahutusvesi | Heitvesi | Reovesi  | Sademe-vesi |
|-------|----------|-------------------------|----------|----------|-------------|
| 2007  | 6911,93  | 6911,93                 |          | 6714,93  | 197,00      |
| 2008  | 12575,43 |                         |          | 12124,88 | 450,54      |
| 2009  | 12575,43 |                         |          | 12124,88 | 450,54      |
| 2010  | 12047,39 | 12047,39                |          | 11880,54 | 166,85      |
| 2011  | 8007,97  | 8007,97                 |          | 7779,75  | 228,22      |
| 2012  | 7862,52  | 7862,52                 |          | 7209,59  | 652,93      |
| 2013  | 7681,32  | 7681,32                 |          | 7135,86  | 545,46      |
| 2014  | 6971,90  | 6971,90                 | 6148,63  |          | 823,27      |
| 2015  | 8267,77  | 8267,77                 | 7486,71  |          | 781,05      |

## 2.2. Keila

Keila linn asub Harju maakonna lääneosas. Linna ümbritseb peamiselt Keila vald, ka Harku ja Saue vald. Keila idapiir kulgeb mööda Keila jõge, mis suubub Soome lahte Keila-Joa piirkonnas.

Keila on teede hargnemiskoht: Tallinnast tulev raudtee hargneb siin Paldiski ja Riisipere suunda. Maanteid mööda pääseb Keilast Tallinna, Paldiski, Haapsalu ja Pärnu poole. Läheduses asub Paldiski sadam.

Keila asub Tallinnast 25 kilomeetri kaugusel ja on rahvaarvult Eesti neljateistkümnes linn (tabel 3). Harju maakonna omavalitsusüksuste seas on Keila linn rahvaarvult kaheksandal kohal, Harju linnadest Tallinna ja Maardu järel kolmas. Üldiselt on rahvaarv aastate lõikes vähenenud (lisa 1).

Tabel 3. Keila linna rahvaarv, pindala ja asustustihedus (allikas Statistikaamet 2017)

| Rahvaarv (1.01.16) | Pindala (km <sup>2</sup> ) | Asustustihedus (in/ km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 9 577              | 11,22                      | 853,6                                 |

Uus arenev tööstuspiirkond asub linna edelanurgas (Statistikaamet 2017).

Järgnevas tabelis (tabel 4) on välja toodud Keila linna veeheide 2007-2015 heitveeliikide järgi.

Tabel 4. Keila linna veeheide heitveeliikide järgi (tuhat m<sup>3</sup>/aastas) (allikas: keskkonnaagentuur.ee)

| Aasta | Kokku  | Kokku va<br>jahutusvesi | Heitvesi | Reovesi | Sademe-vesi |
|-------|--------|-------------------------|----------|---------|-------------|
| 2007  | 373,80 | 373,80                  |          | 373,80  |             |
| 2008  | 542,66 | 542,66                  |          | 380,26  | 162,4       |
| 2009  | 526,69 |                         |          | 373,59  | 153,10      |
| 2010  | 516,35 | 516,35                  |          | 374,99  | 141,36      |
| 2011  | 543,06 | 543,06                  |          | 394,06  | 149,00      |
| 2012  | 529,14 | 529,14                  |          | 380,14  | 149,00      |
| 2013  | 723,77 | 723,77                  |          | 574,77  | 149,00      |
| 2014  | 674,01 | 674,01                  | 525,01   |         | 149,00      |
| 2015  | 706,47 | 706,47                  | 557,47   |         | 149,00      |

### 2.3. Kunda

Kunda linn asub Lääne-Viru maakonna kirdeosas Kunda jõe suudmealal. Kolmest küljest piirneb linn Viru-Nigula vallaga ning põhja poolt Soome lahega (Statistikaamet 2017). Täpsemad parameetrid toodud välja tabelis 5.

Tabel 5. Kunda linna rahvaarv, pindala ja asustustihedus (allikas Statistikaamet 2017)

| Rahvaarv (1.01.15) | Pindala (km <sup>2</sup> ) | Asustustihedus (in/ km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 3 224              | 10,08 km <sup>2</sup>      | 319,8                                 |

Kunda linna elanike arv on pidevalt vähenenud (lisa 1).

Järgnevas tabelis (tabel 6) on välja toodud Kunda linna veeheide 2007-2015 heitveeliikide järgi.

Tabel 6. Kunda linna veeheide heitveeliikide järgi (tuhat m<sup>3</sup>/aastas) (allikas: keskkonnaagentuur.ee)

| Aasta | Kokku    | Jahutus-<br>vesi | Kokku va<br>jahutusvesi | Kaevandus-<br>vesi | Karjääri-<br>vesi | Heitvesi | Reovesi | Sademe-<br>vesi |
|-------|----------|------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|----------|---------|-----------------|
| 2007  | 12406,59 | 765,00           | 11641,59                | 9509,00            |                   |          | 2122,88 | 9,71            |
| 2008  | 3032,36  | 864              | 2168,36                 |                    |                   |          | 2150,78 | 17,57           |
| 2009  | 2322,51  | 434,00           |                         |                    | 32,00             |          | 1844,67 | 11,83           |
| 2010  | 2642,77  | 556              | 2642,77                 |                    | 29,44             |          | 2071,99 | 14,78           |
| 2011  | 2697,47  | 618,44           | 2079,03                 |                    | 31,35             |          | 2040,80 | 6,88            |
| 2012  | 2875,33  | 598,16           | 2277,17                 |                    | 31,90             |          | 2233,68 | 11,58           |
| 2013  | 3120,84  | 636,87           | 2483,97                 |                    |                   |          | 2433,53 | 50,44           |
| 2014  | 2768,58  | 449,26           | 2319,32                 |                    |                   | 2286,82  |         | 32,50           |
| 2015  | 2406,82  | 146,87           | 2259,96                 |                    |                   | 2228,89  |         | 31,07           |

## 2.4. Tallinn

Eesti pealinn Tallinn asub Eesti põhjarannikul Läänemere kaldal, Kopli ja Tallinna lahe ääres. Linna halduspiiridesse kuuluvad Ülemiste ja Harku järv ning Aegna saar. Tallinnas on kaheksa halduslinnaosa.

Tallinn on arenenud Läänemere oluliseks kauba- ja reisijaveo keskuseks. Samuti on Tallinn Eesti suurim raudteesõlm, millel on rahvusvaheline reisirongiühendus. Eesti suurim sadam ja lennujaam asuvad Tallinnas. Tallinn on rahvaarvult Eesti suurim (tabel 7) ja pidevalt kasvavava rahvastikuga linn (lisa 1).

Tabel 7. Tallinna linna rahvaarv, pindala ja asustustihedus (allikas Statistikaamet 2017)

| Rahvaarv (1.01.16) | Pindala (km <sup>2</sup> ) | Asustustihedus (in/ km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 423 420            | 159,31                     | 2 657,8                               |

Ligi pool Eesti sisemajanduse koguproduktist toodetakse Tallinnas. Tähtsamad ettevõtlusvaldkonnad Tallinnas on hulgi ja jaekaubandus, kutse-, teadus- ja tehnikategevus, ehitus, veondus ja laondus, haldus- ja abitegevused, kinnisvarandus, töötlev tööstus ning info ja side (Statistikaamet 2017).

Järgnevas tabelis (tabel 6) on välja toodud Tallinna linna veeheide 2007-2015 heitveeliikide järgi.

Tabel 8. Tallinna linna veeheide heitveeliikide järgi (tuhat m<sup>3</sup>/aastas) (allikas: keskkonnaagentuur.ee)

| Aasta | Kokku    | Kokku va<br>jahutusvesi | Kaevandus-<br>ja<br>karjäärivesi | Heitvesi | Reovesi  | Sademe-vesi |
|-------|----------|-------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------------|
| 2007  | 52411,11 | 52411,11                | 254,60                           |          | 46646,86 | 5509,65     |
| 2008  | 57629,88 | 57629,88                | 448,35                           |          | 51389,32 | 5792,22     |
| 2009  | 51943,35 |                         | 269,30                           |          | 46212,06 | 5461,99     |
| 2010  | 52424,07 | 52424,07                | 330,74                           |          | 45966,73 | 6457,34     |
| 2011  | 57712,16 | 57712,16                | 278,50                           |          | 50959,63 | 6474,03     |
| 2012  | 65187,53 | 65187,53                | 376,45                           |          | 57043,36 | 7767,73     |
| 2013  | 50459,74 | 50459,74                | 280,65                           |          | 45267,42 | 4911,67     |
| 2014  | 48039,87 | 48039,87                | 238,96                           | 43043,51 | 13,08    | 4744,32     |
| 2015  | 50425,38 | 50425,38                | 249,17                           | 45129,16 | 45,44    | 5001,62     |

#### 2.4.1. Pirita linnaosa

Elanike arvult on Pirita Tallinna väikseim linnaosa. Linnaosa keskuseks on Pirita asum (tabel 9).

Tabel 9. Pirita linnaosa rahvaarv, pindala ja asustustihedus (allikas Statistikaamet 2017)

| Rahvaarv (1.01.17) | Pindala (km <sup>2</sup> ) | Asustustihedus (in/ km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 18 353             | 18,7                       | 981,4                                 |

Pirita linnaosa moodustab pealinna pindalast 11,8%. Pirita linnaosa paikneb Tallinna kirdeosas. Põhja ja ida poolt piiravad seda Viimsi vald, lõunast Lasnamäe ja Kesklinna linnaosa ning läänest Tallinna lahe veeala, idast Maardu linna ning kagu poolt Jõelähtme valla maad (Tallinn.ee 2017).

Pirita linnaosa läbib Pirita jõgi, mis suubub Läänemerre.

## 2.5. Rápina

Rápina on Rápina valda kuuluv linn Pólva maakonnas Võhandu jõe alamjooksul (tabel 10). Linna läbib Võhandu jõgi. Jõe ületavad sillad ja teetammid, mis on hiljuti rekonstrueeritud. Rápina linnas jõepaisu kaldal asuvad supluskohad on heakorrastatud. Tervisesporti saab harrastada RMK Võhandu matkarajal (ligi 40 km) (Rápina valla terviseprofiil 2016).

Tabel 10. Rápina linnaosa rahvaarv, pindala ja asustustihedus (allikas Statistikaamet 2017)

| Rahvaarv (1.01.2016) | Pindala (km <sup>2</sup> ) | Asustustihedus (in/ km <sup>2</sup> ) |
|----------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 2 235                | 3,7                        | 604,1                                 |

Rápina linna elanike arv on aastatega vähenenud (lisa1).

Järgnevas tabelis (tabel 11) on välja toodud Rápina linna veeheide 2007-2015 heitveeliikide järgi.

Tabel 11. Rápina linna veeheide heitveeliikide järgi (tuhat m<sup>3</sup>/aastas) (allikas: keskkonnaagentuur.ee)

| Aasta | Kokku  | Kokku va jahutusvesi | Heitvesi | Reovesi |
|-------|--------|----------------------|----------|---------|
| 2007  | 74,80  | 74,80                |          | 74,80   |
| 2008  | 56,68  | 56,68                |          | 56,68   |
| 2009  | 51,80  |                      |          | 51,80   |
| 2010  | 65,35  | 65,35                |          | 65,35   |
| 2011  | 106,82 | 106,82               |          | 106,82  |
| 2012  | 98,70  | 98,70                |          | 98,70   |
| 2013  | 126,27 | 126,27               |          | 126,27  |
| 2014  | 86,29  | 86,29                | 86,29    |         |
| 2015  | 106,47 | 106,47               | 106,47   |         |

### 3. VAADELDAVATE JÕGEDE ÜLEVAADE

#### 3.1. Emajõgi

Emajõgi on Eesti suurimaid jõgesid, mis läbib Tartu linna (joonis 7). Jõe pikkus on 99,1 km, jõgikond koos Võrtsjärve vesikonnaga 9960 km<sup>2</sup> (sellest 98 km<sup>2</sup> Lätis), vooluhulk keskmiselt 71,8 m<sup>3</sup>/s. Jõe laius on 20–145 m, suurim sügavus 11 m, kogulang 3,5 m, voolukiirus keskmiselt 3,7 km/h. Suurimad lisajõed on Pedja, Ahja (suurim lisajõgi), Elva, Amme ja Laeva jõgi. Kokku on lisajõgesid 12: vasakpoolsed on Põltsamaa ja Pedja jõe ühinemisel tekkiv Pedja jõgi, Laeva, Amme ja Lagina jõgi, parempoolsed Kavilda, Elva, Ilmatsalu, Porijõgi, Mõra, Luutsna, Ahja ning Kalli jõgi. Keskjooksul voolab jõgi Emajõe ürgorus.



Joonis 7. Emajõgi Tartu linnas (autor A.Kõõra)

Emajõgi algab Võrtsjärve kirdenurgast Rannu-Jõesuust, suubub Praagal Peipsisse. Peipsi veeseisu paisutav mõju ulatub Tartuni. Rannu-Jõesuu ja Pede suudme vahel



võib mõnikord suurvee ajal voolusuund muutuda vastupidiseks. Ülem- ja alamjooksul voolab jõgi soistel madalikel, keskjooksul lookleb ürgorus (laius Tartu kohal üks kilomeeter, mujal enamgi, sügavus kuni 20 m), kevaditi on suuri üleujutusi. Emajõel on üle 20 lisajõe. Emajõgi on Eestis ainuke kogu ulatuses laevatatav jõgi (Suur-Emajõe kalanduse arendamise... 2007).

Järgnevalt on välja toodud Emajõe heitvee väljalaskmed (tabel 12) ja pinnaveehaarded (tabel 12).

Tabel 12. Emajõe heitvee väljalaskmed (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus   | Heitvee liik            |
|---|-------------------------|
| CARPIO kalakasvatuse väljalask Emajõgi          | Kalakasvatus            |
| Anne biotiigid                                  | Heitvesi                |
| Kavastu   | Heitvesi                |
| Kaagvere  | Heitvesi                |
| Võõpste   | Heitvesi                |
| Mäksa   | Heitvesi                |
| Ürgoru elurajoon                                | Heitvesi                |
| Vorbuse reoveepuhasti väljalase                 | Heitvesi                |
| Tartu RVP                                       | Heitvesi                |
| Kroonuaia sademeveekollektor                    | Sademe- ja drenaaživesi |
| Lai tn sademeveekollektor                       | Sademe- ja drenaaživesi |
| Munga tn avariülevool                           | Reovesi                 |
| Gildi tn sademeveekollektor                     | Sademe- ja drenaaživesi |
| Vahi sademeveekollektor                         | Sademe- ja drenaaživesi |
| Raekoja platsi avariülevool                     | Sademe- ja drenaaživesi |
| Vallikraavi tn avariülevool                     | Sademe- ja drenaaživesi |
| Vanemuine (drenaaži ja survejäreli põhjavee vl) | Sademe- ja drenaaživesi |
| Väike-Turu tn sademeveekollektor                | Sademe- ja drenaaživesi |
| Aida tn sademeveekollektor                      | Sademe- ja drenaaživesi |
| Liiva tn avariülevool                           | Sademe- ja drenaaživesi |
| Lai tn avariülevool                             | Sademe- ja drenaaživesi |
| Soola tn avariülevool                           | Sademe- ja drenaaživesi |
| Ropka tee avariülevool                          | Sademe- ja drenaaživesi |
| Ihaste düükri avariülevool                      | Sademe- ja drenaaživesi |
| Liiva tn sademeveekollektor                     | Sademe- ja drenaaživesi |
| Lubja tn sademeveekollektor                     | Sademe- ja drenaaživesi |
| Lubja (ülevool)                                 | Sademe- ja drenaaživesi |
| Vene tn sademeveekollektor                      | Sademe- ja drenaaživesi |
| Võidu silla vasaku kalda sademeveekollektor     | Sademe- ja drenaaživesi |
| Paju 1500 sademeveekollektor                    | Sademe- ja drenaaživesi |
| Kalda tee sademeveekollektor                    | Sademe- ja drenaaživesi |
| Ringtee sademeveekollektor                      | Sademe- ja drenaaživesi |
| Tartu RVP avariülevool                          | Sademe- ja drenaaživesi |
| Poe tn sademeveekollektor                       | Sademe- ja drenaaživesi |
| Rebase tn sademeveekollektor                    | Sademe- ja drenaaživesi |
| Vaba tn sademeveekollektor                      | Sademe- ja drenaaživesi |
| Sõbra tn sademeveekollektor                     | Sademe- ja drenaaživesi |
| Sepa tn sademeveekollektor                      | Sademe- ja drenaaživesi |
| Anne Soojuse jahutusvee väljalask               | Jahutusvesi             |

Tabel 13. Emajõe pinnaveehaarded (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                                 | Asukoht              |
|---|----------------------|
| Cleanaway Emajõgi                       | Tartumaa, Tartu linn |
| SA Tähtvere Puhkepargi pinnaveevõtukoht | Tartumaa, Tartu linn |
| Anne Soojus jahutusvee pinnaveehaare    | Tartumaa, Tartu linn |

### 3.2. Keila jõgi

Keila jõgi, Soome lahe vesikonna Eesti ala pikim jõgi läbib Keila linna. Jõe pikkus 116 km, jõgikond 682 km<sup>2</sup>, vooluhulk keskmiselt 5,5-6,5 m<sup>3</sup>/aastas. Algab Viirika soo lääneservast, saab vett Kaiu ümbruse allikaist, suudmest 1,7 km on jõel Keila juga. Keila-Joa kohal suubub Keila jõgi Lohusalu lahte. Tähtsaimad lisajõed on Atla (33 km) ja Maidla (22 km). Keila jõe ääres asuvad Kohila, Kurtna, Kiisa ja Keila (Järvekülg 2001).

Järgnevalt on välja toodud Keila jõe heitvee väljalaskmed (tabel 14) ja pinnaveehaarded (tabel 15).

Tabel 14. Keila jõe heitvee väljalaskmed (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                   | Heitvee liik            |
|---------------------------|-------------------------|
| Kurtna Põhi               | Heitvesi                |
| Kumna                     | Heitvesi                |
| Keila                     | Heitvesi                |
| Karjaküla                 | Heitvesi                |
| Keila sademevee väljalase | Sademe- ja drenaaživesi |
| Keila avarii ülevool 2    | Reovesi                 |
| Jõgisoo                   | Heitvesi                |
| Kohila                    | Heitvesi                |
| Seli tervisekeskus        | Heitvesi                |
| Kaiu                      | Heitvesi                |
| Hagudi                    | Heitvesi                |
| Pärmitehase puhasti       | Heitvesi                |
| Ohtu väljalase B          | Sademe- ja drenaaživesi |

Tabel 15. Keila jõe pinnaveehaarded (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus              | Asukoht                                |
|----------------------|--|
| Kohila vineeritehas  | Raplamaa, Kohila vald, Kohila alev     |
| Keila-Joa mõisa park | Harjumaa, Keila vald, Keila-Joa alevik |

### 3.3. Kunda jõgi

Kunda jõgi, ülemjooksul ka Võhu jõgi, keskjooksul Põlula jõgi ja Sämi jõgi. Asub Põhja-Eestis ja läbib Kunda linna. Jõe pikkus on 64 km, jõgikond 530 km<sup>2</sup>, vooluhulk keskmiselt 5–6 m<sup>3</sup>/s. Algab Pandivere kõrgustiku idaservalt, voolab Viru lavamaal, läbib sügavas orus Põhja-Eesti paekalda ja suubub Soome lahte. Kunda linnas on jõel kaks jõujaama (Järvekülg 2001).

Järgnevalt on välja toodud Kunda jõe heitvee väljalaskmed (tabel 16) ja pinnaveehaarded (tabel 17).

Tabel 16. Kunda jõe heitvee väljalaskmed (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                    | Heitvee liik |
|----------------------------|--------------|
| Kunda prügila              | Heitvesi     |
| Tsemenditehase jahutusvesi | Jahutusvesi  |
| Ulvi                       | Heitvesi     |
| Uhtna                      | Heitvesi     |
| Kohala                     | Heitvesi     |

Tabel 17. Kunda jõe pinnaveehaarded (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                    | Asukoht                                 |
|----------------------------|---|
| Sadama pumpla              | Lääne-Virumaa, Kunda linn               |
| Kunda haavapuitmassi tehas | Lääne-Virumaa, Kunda linn               |
| Tsemenditehas              | Lääne-Virumaa, Kunda linn               |
| Aravuse kalamajand         | Lääne-Virumaa, Vinni vald, Aravuse küla |

### 3.4. Pirita jõgi

Pirita jõgi, ülemjooksul ka Ardu jõgi, keskjooksul Ravila ja Vaskjala jõgi. Jõgi algab Kõrvemaa loodeservast Pususoo peakraavina, voolab läbi Ardu, Paunküla, Kose, Kose-Uuemõisa, Vaida, Vaskjala, Lagedi ja Loo ning suubub Pirital Soome lahte. Jõe pikkus on 105 km, jõgikond 799 km<sup>2</sup>, vooluhulk keskmiselt 6,7 m<sup>3</sup>/s, langus 75 m. Tähtsaimad vasakpoolsed lisajõed on Kuivajõgi (31 km), Tuhala jõgi (26 km) ja Angerja oja (28 km), paremalt suubub Leivajõgi (19 km) (Järvekülg 2001).

Pirita jõgi väga hea füüsilise kvaliteediga. Jõe alamjooksul ja suuremal osal keskjooksust on säilinud looduslik säng, jõe alamjooks on väga suure languga. Seal on rohkesti kärestikke ja kiirevoolulisi jõelõike. See loob head elutingimused

lõhelastele (lõhe, meriforell, jõeforell) ja teistele kalaliikidele (võldas, trulling, lepamaim, vimb, jõe- ja ojasilm). Jõe keskjooksul on lang väike, kuid säilinud on palju vanajõgesid ja kevaditi üleujutatavaid luhtasid. Seal on head elutingimused karplastele, haugile ja ahvenale. Probleemiks on eelkõige jõe rikutud hüdroloogiline režiim (piisava vooluhulga puudumine madalvee perioodidel) ning tõkestatus paisudega, mis ei lase kalastikul sooritada rändeid sigimis-, toitumis- ja talvituspaikade vahel (Keskkonnaagentuur 2014).

Pirita jõgi on Tallinna veevarustussüsteemi tähtsaim veeallikas, vesi juhitakse Vaskjala paisjärvest Vaskjala-Ülemiste kanali kaudu Ülemiste järve. Vee kogumiseks on Pirita jõe ülemjooksule rajatud Paunküla veehoidla, lisavett saadakse Jägala jõest Kaunissaare veehoidlast ning kanaliseeritud Angerja ojja suunatud Vääna jõe ülemjooksust. Pirita jõe ümbrus on olnud juba amusest ajast alates oluline asustus- ja liikluspikiirkond, sellele viitavad arheoloogiamälestised. Jõe alamjooksu maaliline org moodustab Pirita jõeoru maastikukaitseala, jõe suudmes on jahisadam (Eesti Entsüklopeedia 2017).

Järgnevalt on välja toodud Pirita jõe heitvee väljalaskmed (tabel 18) ja pinnaveehaarded (tabel 19).

Tabel 18. Pirita jõe heitvee väljalaskmed (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                           | Heitvee liik            |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Paunküla                          | Heitvesi                |
| Ravila                            | Heitvesi                |
| Vaida                             | Heitvesi                |
| Kose                              | Heitvesi                |
| Kulli                             | Heitvesi                |
| Jüri                              | Heitvesi                |
| Kose-Uuemõisa                     | Heitvesi                |
| Lagedi mõis 1.väljalase           | Sademe- ja drenaaživesi |
| Iru küla sademevee väljalask nr 2 | Sademe- ja drenaaživesi |
| Otiveski                          | Heitvesi                |
| Suksu                             | Heitvesi                |
| Tallinna Küte tühjendusväljalase  | Jahutusvesi             |
| Paekivitoode tehase               | Heitvesi                |
| Väo karjäär                       | Karjäärivesi            |

Tabel 19. Pirita jõe pinnaveehaarded (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                    | Asukoht                                    |
|----------------------------|--|
| Iru EJ                     | Harjumaa, Tallinna linn, Lasnamäe linnaosa |
| Paunküla veehoidla profiil | Harjumaa, Kose vald, Paunküla küla         |
| Vaskja veehoidla hüdroölm  | Harjumaa, Rae vald, Vaskjala küla          |

### 3.5. Võhandu jõgi

Võhandu jõgi, ka Voo jõgi, ülemjooksul Pühajõgi on Eesti pikim jõgi. Asub Kagu-Eestis. Jõe pikkus on 162 km, jõgikond 1420 km<sup>2</sup>, vooluhulk keskmiselt 10–11 m<sup>3</sup>/s. Algab Otepää kõrgustiku idaosast Saverna küla lõunaservast, läbib Jõksi järve (64,9 ha), teeb Hino ja Sõmerpalu küla vahel neli suurt looget ja suubub Vagula järve. Pärast järvest väljumist jõuab kümme kilomeetri järel Võru orundist Ugandi lavamaale, Paidrast alates voolab kuni Peipsi nõkku laskumiseni peamiselt ürgorus, läbib Räpina ja Võõpsu ning suubub Võõpsust 2 km alamal Lämmijärve. Jõe lähe asub 132 m, suue 30 m kõrgusel (lang 102 m).

Võhandu jõge käsitletakse sageli kahe jõena: Vagulasse (läbivool ligi 5 km) suubuva Pühajõena (pikkus 64 km, jõgikond 366 km<sup>2</sup>) ning Vagulast Lämmijärveni ulatuva Võhandu ehk Voo jõena (pikkus 93 km). Suurimad lisajõed on vasakult suubuvad Karioja (14 km) ja Viluste oja (9 km), paremalt suubuvad Iskna (29 km), Mäda jõgi (27 km), Rõuge (26 km) ja Sillaotsa jõgi (16 km) ning Koreli (21 km) ja Varesmäe oja (9 km). Suurimad paisjärvad on Räpinas (51 ha) ja Leevakul (38 ha). Järvelaevad saavad sõita Võõpsuni.

Kalastik on liigirikas. Jõe ääres on Võhandu jõe hoiuala ja Võhandu jõe ürgoru kaitseala (Järvekülg 2001).

Järgnevalt on välja toodud Võhandu jõe heitvee väljalaskmed (tabel 20) ja pinnaveehaarded (tabel 21).

Tabel 20. Võhandu jõe heitvee väljalaskmed (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                                    | Heitvee liik            |
|--|-------------------------|
| Hinto kalakasvatus                         | Kalakasvatus            |
| Kanepi                                     | Heitvesi                |
| Räpina linna Võhandu tn sademeveeväljalask | Sademe- ja drenaaživesi |
| Räpina                                     | Heitvesi                |
| Leevaku                                    | Heitvesi                |
| Ruusa                                      | Heitvesi                |
| Sõmerpalu                                  | Heitvesi                |
| Osula                                      | Heitvesi                |
| Toftan1 puhasti                            | Heitvesi                |
| Kääpa                                      | Heitvesi                |
| Leoki kalakasvatus I                       | Kalakasvatus            |
| Leoki kalakasvatus II                      | Kalakasvatus            |

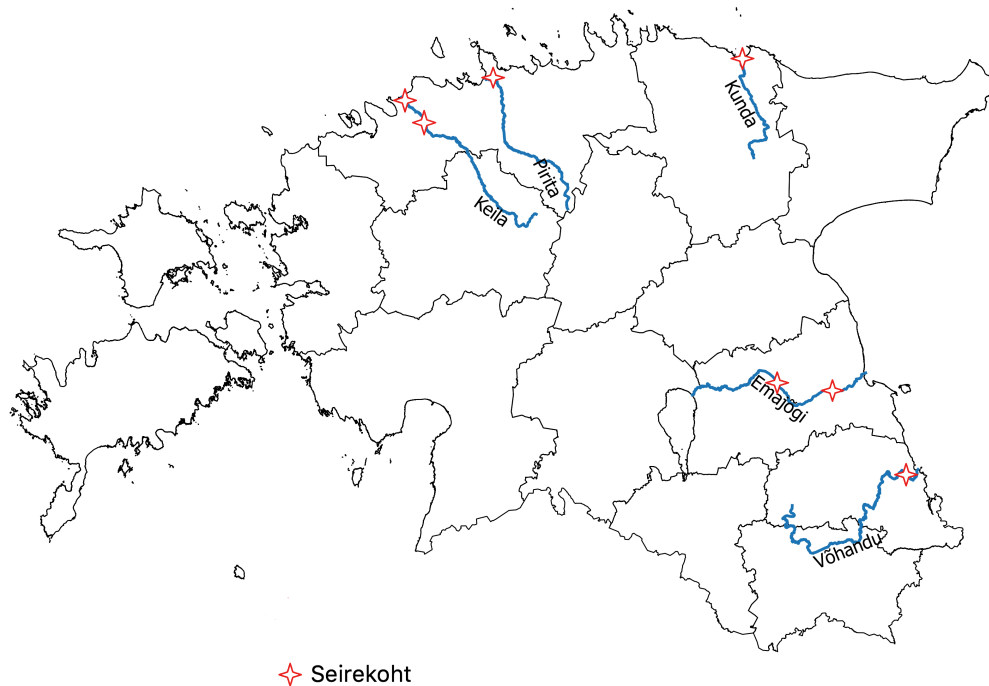
Tabel 21. Võhandu jõe pinnaveehaarded (allikas Keskkonnaregister 2017)

| Nimetus                    | Asukoht  |
|----------------------------|--|
| Toftan                     | Võrumaa, Sõmerpalu vald, Hännike küla          |
| Tanel Leoki kalakasvatus 1 | Võrumaa, Sõmerpalu vald, Hännike küla          |
| Hinto kalakasvatus         | Põlvamaa, Kanepi vald, Kanepi alevik           |
| Võhandu jõgi               | Põlvamaa, Räpina vald, Räpina vallasisene linn |
| Leoki kalakasvatus 2       | Võrumaa, Sõmerpalu vald, Hännike küla          |

## 4. MATERJAL JA METOODIKA

Käesolevas töös on kasutatud jõgede hüdrokeemilisi seireandmeid, mis pärinevad riikliku seireprogrammi siseseveekogude seire alamprogrammist jõgede hüdrokeemiline seire veebilehelt (<http://seire.keskkonnainfo.ee/>). Kõik vaadeldavad veekogud on B-tüüpi veekogud (tabel 22).

Töö autor selekteeris välja Emajõe, Võhandu, Keila, Pirita ja Kunda jõgede füüsikalis-keemilised kvaliteedinäitajad (seirekohad joonisel 8) (pH, lahustunud hapniku küllastusprotsent, biokeemiline hapnikutarve ( $BHT_5$ ), ammooniumioonide sisaldus ( $NH_4^+$ ), üldlämmastiksisaldus ( $N_{\text{üld}}$ ) ja üldfosforisisaldus ( $P_{\text{üld}}$ )). Oluline on siinkohal märkida, et kuni aastani 2009 mõõdeti vooluvetes  $BHT_5$  ja alates 2010  $BHT_7$ . Töös on need võrdsustatud. Saadud andmed kanti MS Excelisse, millest moodustus andmebaas. Andmebaasi kantud seireandmed arvutati allolevate valemite abil (vastavalt Keskkonnaministri määrusele nr 44), et saaks määrata iga näitaja kvaliteediklass (tabel 22).



Joonis 8. Emajõe, Keila, Pirita, Kunda ja Võhandu jõgede seirekohad

Lahustunud hapniku ja pH protsentiilide leidmisel eeldatakse, et väärtused jaotuvad vastavalt normaaljaotuse seadusele. Protsentiiliks võetakse 10%-le vastav väärtus, s.t. näiteks lahustunud hapniku sisaldus vees ei tohi langeda alla määratud väärtust enam kui 10%-l juhtudest ehk 90%-l mõõtmistel on hapniku sisaldus kõrgem.

Normaaljaotuse korral leitakse protsentiilid valemist:

$$q = m - 1.2816 \cdot s$$

kus  $q$  - 10%-l vastav protsentiil;  $m$  - aritmeetiline keskmine;

$s$  - standardhälve (ruutkeskmine hälve).

$\text{NH}_4\text{-N}$  90% tagatusega väärtuse leidmisel lähtutakse log-normaaljaotusest. Selleks tuleb  $m$  ja  $s$  tegelike väärtuste asemel kasutada nende logaritme (vastavalt  $M$  ja  $S$ ), kasutades seejuures momentide meetodit:

$$M = \ln\left(\frac{m}{\sqrt{1 + \frac{s^2}{m^2}}}\right),$$

$$S = \sqrt{\ln\left(1 + \frac{s^2}{m^2}\right)},$$



kus  $M$  - vaatlusandmete logaritmiline keskväärts;  
 $S$  - vaatlusandmete logaritmiline standardhälve.

90%-le vastav väärts, s.t. 90%-l kogu vaatlustest leitud näitaja kontsentratsioon on väiksem või võrdne kui protsentiili vastav sisaldus, on leitav valemiga:

$$Q = e^{(M + 1.2816 \cdot S)}$$

kus  $e$  on konstantne, kuna  $\ln(e) = 1$ .

Vooluveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel füüsikalis-keemiliste üldtingimuste järgi lähtutakse järgmisest:

1. Kui pH on suurem kui 9.0 või väiksem kui 6.0, on füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärang väga halb, sõltumata teistele kvaliteedinäitajatele määratud ökoloogilistest seisundiklassidest.
2. Kui pH väärts on vahemikus 6.0-9.0, määratakse füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärangu andmiseks igale hinnatavale kvaliteedinäitajale, välja arvatud pH, ökoloogiline seisundiklass tabelite 3 – 5 alusel ja antakse sellele ökoloogilisele seisundiklassile vastav hindepunkt skaalas 1-5 järgmiselt: 5-väga hea; 4-hea; 3-kesine; 2-halb; 1-väga halb. Füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmääranguks on kvaliteedinäitajatele antud hindepunktide summa.
3. Kui vähemalt ühe hinnatava kvaliteedinäitaja, välja arvatud pH, ökoloogiline seisundiklass on halb või väga halb, ei saa füüsikalis-keemiliste üldtingimuste koondmäärang sõltumata hindepunktide summast olla üle kesise (Hindrikson 2016).

Tabel 22. Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikaliskemiliste üldtingimuste väärtuste järgi; tüübid I-B, II-B, III-B (allikas Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste... 2010)

| Kvaliteedinäitaja            |                        | Ühik                | Väga hea klass | Hea klass | Kesine klass | Halb klass | Väga halb klass |
|------------------------------|------------------------|---------------------|----------------|-----------|--------------|------------|-----------------|
| pH                           | 10% tagatusega väärtus | pH ühik             | 6-9            | 6-9       | 6-9          | 6-9        | <6-9>           |
| Lahustunud hapniku sisaldus  | 10% tagatusega väärtus | %küllastus astmest  | >70            | 70-60     | <60-50       | <50-40     | <40             |
| BHT <sub>5</sub>             | Aritmeetiline keskmine | mgO <sub>2</sub> /l | <1,8           | 1,8-3,0   | >3,0-4,0     | >4,0-5,0   | >5,0            |
| Üld-N                        | Aritmeetiline keskmine | mg/l                | <1,5           | 1,5-3,0   | >3,0-6,0     | >6,0-8,0   | >8,0            |
| Üld-P                        | Aritmeetiline keskmine | mg/l                | <0,05          | 0,05-0,08 | >0,08-0,1    | >0,1-0,12  | >0,12           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 90% tagatusega väärtus | mgN/l               | <0,10          | 0,10-0,30 | >0,30-0,45   | >0,45-0,60 | >0,60           |

Saadud tulemused liideti kokku, et saada veekogumi ökoloogilise seisundiklass. Füüsikaliskemiliste üldtingimuste koondmäärangu andmisel kasutatakse tabelit 23:

Tabel 23. Ökoloogiline seisundiklass (allikas Pinnaveekogumite moodustamise kord 2009)

| Ökoloogiline seisundiklass | Väga hea | Hea   | Kesine | Halb  | Väga halb  |
|----------------------------|----------|-------|--------|-------|------------|
| Hindepunktide summa        | 23-25    | 18-22 | 13-17  | 8-12  | >8         |
| (maksimaalselt 25 p)       | (92%)    | (72%) | (52%)  | (32%) | (alla 32%) |

Ökoloogiliste seisundiklasside leidmisel kasutatakse kas teatud tagatusega vastavat väärtust (protsentiili) (pH ning lahustunud hapniku hindamisel 10% tagatusega väärtust ja NH<sub>4</sub>-N hindamisel 90% tagatusega väärtust) või aritmeetilist keskmist (BHT<sub>5</sub>, N<sub>üld</sub> ning P<sub>üld</sub>).

Ökoloogilise seisundi andmeid analüüsiti statistiliste meetoditega (nii MS Excelis kui ka mitteparameetrilist Mann-Whitney testi tarkvara STATISTICA Emajõe ja Keila jõgede puhul). STATISTICA Windows 7 (Dell Inc., 2015.) programm aitas välja selgitada Emajõe ja Keila jõe erinevate jõelõikude statistiliselt oluliste tunnuste erinevusi (andmed enne ja pärast linna).

Seirekohtade kaart tehti ArcGis programmis.

Samuti koguti Eesti statistikaametist andmeid linnade kohta, mida jõed läbivad (Tartu, Räpina, Keila, Tallinna ja Kunda kohta). Vaadeldi rahvaarvu, jõgede heitvee väljalaskmeid ja pinnaveehaardeid.

Töös analüüsitakse jõgede seisundeid ja seoseid linnadega, mida jõed läbivad.

## 5. TULEMUSED

### 5.1. Uuritud jõelõikude kvantitatiivsete tunnuste iseloomustus

Tabel 23 näitab jõgede seireandmete varieeruvust. Tabelis on välja toodud vees lahustunud hapniku protsent, bioloogiline hapnikutarve, ammooniumi kontsentratsioon, üldlämmastik, –fosfor ja vesinikeksponent ning statistilised näitajad.

Emajões üleval pool Tartut on reostusnäitajad madalamad, kui Tartust allavoolu. Lahustunud hapniku protsent on Emajões Kvissentalist mõõdetuna kõrgem, kui Kavastust mõõdetuna. Nii  $\text{NH}_4$ ,  $N_{\text{üld}}$ ,  $P_{\text{üld}}$  on pärast Tartut kõrgemad. Sama on ka Keila jões, kuid lahustunud hapnikuprotsent on suudmes kõrgem.

Keila jõe suudmes on olnud vaadelavate aastate kõige madalam ja kõige kõrgem lahustunud hapniku protsent (vastavalt 12,0% ja 149,6%). Kõige madalam ja kõige kõrgem BHT on mõõdetud Pirita jões (0,3  $\text{mgO}_2/\text{l}$  ja 9,0  $\text{mgO}_2/\text{l}$ ).  $\text{NH}_4$  kõige madalam Kunda jões (0,001 $\text{mg/l}$ ) ja kõige kõrgem Keila suudmes (1,770  $\text{mg/l}$ ).  $N_{\text{üld}}$  kõige madalam Võhandu jões (0,200  $\text{mg/l}$ ) ja kõige kõrgem Keila jõe suudmes (14,500  $\text{mg/l}$ ). Kõige madalam (0,005  $\text{mg/l}$ ) ja kõige kõrgem (0,520  $\text{mg/l}$ )  $P_{\text{üld}}$  on mõõdetud mõlemad Pirita jões. Kõige madalam (5,95) ja kõige kõrgem (9,35) pH on mõõdetud Kundas.

Tabel 24. Uuritud jõelõikude kvantitatiivsete tunnuste iseloomustus. O% – vees lahustunud hapniku %, BHT – bioloogiline hapnikutarve ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ),  $\text{NH}_4$  – ammooniumi kontsentratsioon ( $\text{mg/l}$ ),  $N_{\text{üld}}$  – üldlämmastik ( $\text{mg/l}$ ),  $P_{\text{üld}}$  – üldfosfor ( $\text{mg/l}$ ), pH – vesinikeksponent, N – mõõtmiste arv,  $\sigma$  – standard hälve,  $M_e$  – mediaan, Min – minimaalne väärtus, Max – maksimaalne väärtus

| Tunnus             | N   | Keskmine | $\sigma$ | $M_e$ | Min   | Max   |
|--------------------|-----|----------|----------|-------|-------|-------|
| Emajõgi Kvissental |     |          |          |       |       |       |
| O%                 | 162 | 85,2     | 14,1     | 85,2  | 32,7  | 138,5 |
| BHT                | 156 | 2,8      | 1,1      | 2,5   | 1,0   | 8,0   |
| $\text{NH}_4$      | 156 | 0,115    | 0,128    | 0,073 | 0,005 | 0,950 |
| $N_{\text{üld}}$   | 156 | 1,946    | 0,982    | 1,720 | 0,250 | 4,80  |
| $P_{\text{üld}}$   | 156 | 0,053    | 0,029    | 0,049 | 0,010 | 0,260 |
| pH                 | 157 | 7,96     | 0,24     | 7,93  | 7,39  | 8,42  |

| Emajõgi Kavastu  |     |          |       |                |       |        |
|------------------|-----|----------|-------|----------------|-------|--------|
| O%               | 284 | 78,9     | 13,2  | 79,5           | 29,1  | 107,1  |
| BHT              | 288 | 2,8      | 1,1   | 2,6            | 0,7   | 6,6    |
| NH <sub>4</sub>  | 288 | 0,189    | 0,144 | 0,150          | 0,005 | 0,990  |
| N <sub>üld</sub> | 288 | 2,124    | 1,020 | 2,000          | 0,550 | 6,700  |
| P <sub>üld</sub> | 288 | 0,068    | 0,028 | 0,063          | 0,010 | 0,220  |
| pH               | 264 | 7,85     | 0,230 | 7,865          | 6,12  | 8,39   |
| Keila jõgi Keila |     |          |       |                |       |        |
| O%               | 138 | 86,8     | 12,6  | 86,0           | 46,0  | 136,0  |
| BHT              | 142 | 2,0      | 0,8   | 1,9            | 0,7   | 5,1    |
| NH <sub>4</sub>  | 142 | 0,086    | 0,120 | 0,048          | 0,002 | 0,960  |
| N <sub>üld</sub> | 142 | 3,364    | 1,176 | 3,275          | 0,900 | 6,840  |
| P <sub>üld</sub> | 141 | 0,089    | 0,048 | 0,074          | 0,023 | 0,270  |
| pH               | 143 | 7,98     | 0,29  | 8,00           | 6,30  | 8,60   |
| Keila jõgi suue  |     |          |       |                |       |        |
| O%               | 279 | 87,4     | 16,3  | 86,0           | 12,0  | 149,6  |
| BHT              | 283 | 2,2      | 1,0   | 2,0            | 0,6   | 8,7    |
| NH <sub>4</sub>  | 285 | 0,120    | 0,199 | 0,062          | 0,002 | 1,770  |
| N <sub>üld</sub> | 284 | 3,587    | 1,448 | 3,520          | 0,850 | 14,500 |
| P <sub>üld</sub> | 285 | 0,103    | 0,049 | 0,088          | 0,031 | 0,346  |
| pH               | 285 | 7,95     | 0,27  | 8,00           | 6,60  | 8,60   |
| Pirita jõgi      |     |          |       |                |       |        |
| O%               | 226 | 96,6     | 11,5  | 97,0           | 67,0  | 132,0  |
| BHT              | 225 | 2,1      | 0,9   | 2,0            | 0,3   | 9,0    |
| NH <sub>4</sub>  | 226 | 0,043    | 0,050 | 0,026          | 0,002 | 0,420  |
| N <sub>üld</sub> | 226 | 2,843    | 1,366 | 2,870          | 0,520 | 8,090  |
| P <sub>üld</sub> | 226 | 0,062    | 0,046 | 0,051          | 0,005 | 0,520  |
| pH               | 226 | 8,06     | 0,23  | 8,10           | 7,40  | 8,70   |
| Kunda jõgi       |     |          |       |                |       |        |
| O%               | 281 | 86,8     | 12,5  | 87,00          | 24,8  | 132,6  |
| BHT              | 280 | 1,9      | 1,7   | 1,8            | 1,0   | 4,0    |
| NH <sub>4</sub>  | 282 | 0,057    | 0,020 | 0,033          | 0,001 | 1,370  |
| N <sub>üld</sub> | 282 | 2,543    | 1,169 | 2,30           | 0,420 | 9,500  |
| P <sub>üld</sub> | 283 | 0,044    | 0,033 | 0,036          | 0,010 | 0,235  |
| pH               | 272 | 8,21     | 0,313 | 8,20           | 5,95  | 9,35   |
| Võhandu jõgi     |     |          |       |                |       |        |
| Tunnus           | N   | Keskmine | σ     | M <sub>e</sub> | Min   | Max    |
| O%               | 286 | 87,0     | 12,0  | 88,0           | 48,0  | 128,0  |
| BHT              | 287 | 1,7      | 0,6   | 1,6            | 0,7   | 5,0    |
| NH <sub>4</sub>  | 287 | 0,094    | 0,075 | 0,073          | 0,005 | 0,460  |
| N <sub>üld</sub> | 287 | 1,191    | 0,516 | 1,200          | 0,200 | 3,000  |
| P <sub>üld</sub> | 287 | 0,076    | 0,028 | 0,074          | 0,030 | 0,240  |
| pH               | 263 | 7,78     | 0,19  | 7,80           | 7,00  | 8,40   |

## 5.2. Mann-Whitney test

Mann-Whitney test on mittepameetiline. See tähendab et, selle testi puhul pole oluline, et parameetrid oleksid normaaljaotusega. Nii saab kiiresti ja suhteliselt lihtsalt kontrollida, kas mingid mõõdetud parameetrid erinevad omavahel ja kas see erinevus on statistiliselt oluline. Test aitab välja selgitada Emajõe ja Keila jõe erinevate jõelõikude tunnuste erinevusi.

Mann-Whitney test Emajõe Kvissentali ja Kavastu jõelõikude tunnuste vahel näitas, et statistiliselt oluliselt erinesid need jõelõigud vees lahustunud hapniku %, ammooniumiooni ja üldfosfori kontsentratsiooni ning pH osas (tabel 25). Kusjuures hapniku % ja pH olid kõrgemad Kvissentali lõigus ning ammooniumiooni ja üldfosfori kontsentratsioonid olid kõrgemad Kavastu lõigus.

Sama test näitas Keila jões veidi teistsugust pilti (tabel 26). Statistiliselt olulised erinevused ilmnid ainult ammooniumiooni ja üldfosfori kontsentratsioonide osas. Mõlemad näitajad olid kõrgemad Keila linnast allavoolu jõe suudme-eelses lõigus.

Tabel 25. Mann-Whitney test näitamaks erinevusi Emajõe Kvissentali ja Kavastu jõelõikude tunnuste vahel. Statistiliselt oluline erinevus on  $p < 0,05$ ; N – mõõtmiste arv; tunnused samad, mis tabelis 24

| Tunnus           | Kvissental N | Kavastu N | Z      | p            |
|------------------|--------------|-----------|--------|--------------|
| O%               | 162          | 284       | 4,588  | <b>0,000</b> |
| BHT              | 156          | 288       | -0,181 | 0,856        |
| NH <sub>4</sub>  | 156          | 288       | -6,997 | <b>0,000</b> |
| N <sub>üld</sub> | 156          | 288       | -1,905 | 0,057        |
| P <sub>üld</sub> | 156          | 288       | -6,795 | <b>0,000</b> |
| pH               | 157          | 264       | 4,284  | <b>0,000</b> |

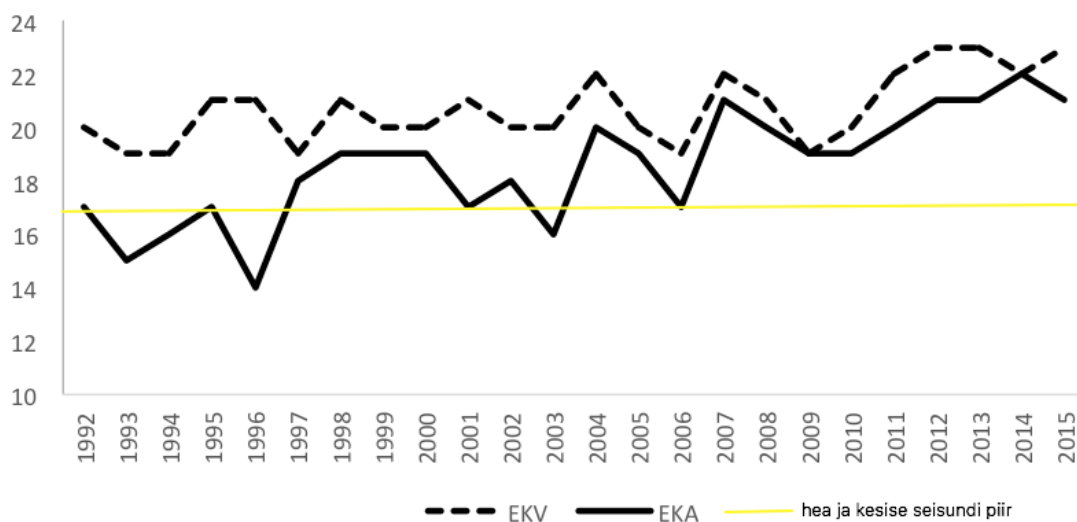
Tabel 26. Mann-Whitney test näitamaks erinevusi Keila jõe Keila ja suudme jõelõikude tunnuste vahel. Statistiliselt oluline erinevus on  $p < 0,05$ ; N – mõõtmiste arv; tunnused samad, mis tabelis 24

| Tunnus           | Keila N | Suue N | Z      | p            |
|------------------|---------|--------|--------|--------------|
| O%               | 138     | 279    | -0,322 | 0,747        |
| BHT              | 142     | 285    | -1,360 | 0,174        |
| NH <sub>4</sub>  | 142     | 283    | -1,972 | <b>0,049</b> |
| N <sub>üld</sub> | 142     | 284    | -1,357 | 0,174        |
| P <sub>üld</sub> | 141     | 285    | -3,485 | <b>0,000</b> |
| pH               | 143     | 285    | 1,430  | 0,153        |

### 5.3. Vaadeldavate jõgede ökoloogilised seisundiklassid

Arvutused näitasid, et aastatel 1992-2015 on Emajõgi ülal pool Tartut vaid heas ja väga heas seisundis. Alamjooksul pole Emajõe seisund väga hea mitte ühelgi vaadeldaval aastal. Alamjooksul on valdavalt heas seisundis, kuid 1993., 1996. ja 2003.aastatel kesises seisundis (joonis 9). On näha, et seisund paraneb alates 1996.a, mis võib tuleneda Tartu reoveepuhastusjaama tööle hakkamisest. Linnast juhitakse Emajõkke 28 tänava sademe- ja drenaaživesi. Samuti Munga tn ja Tartu reoveepuhastusjaama reovesi. Ettevõtte Anne Soojus võtab jahutusvee Emajõest ja suunab kasutatud jahutusvee sinna tagasi. Tartu linnas ettevõtted Cleanaway ja SA Tähtvere puhkepark võtavad Emajõest tarbevett.

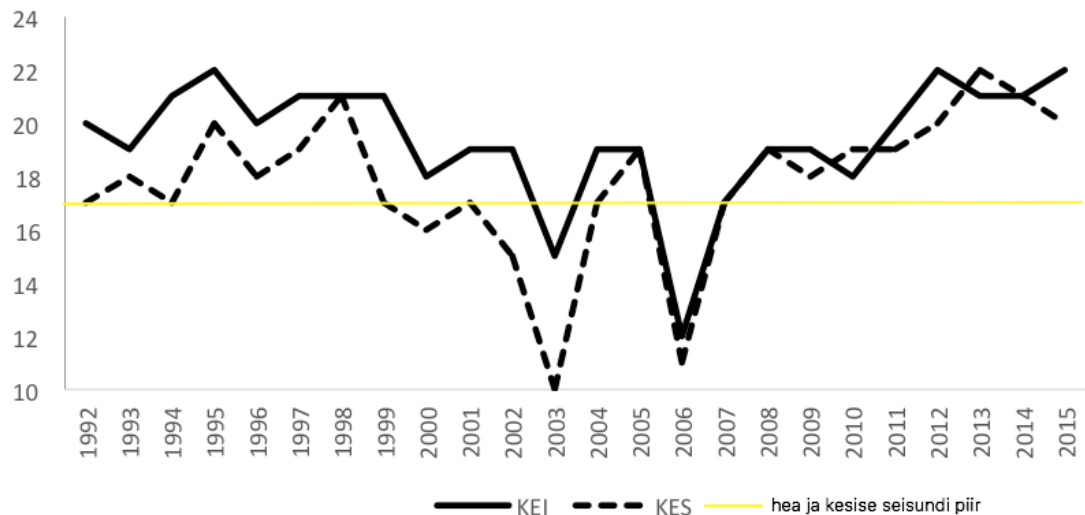
2006.a Kavastus mõõdetud parameetritest näitas ammooniumi kontsentratsioon jõe halba seisundit.



Joonis 9. Emajõe Kvissentali (EKV) ja Kavastu (EKA) ökoloogiline seisundiklass 1992-2015 ning hea ja kesise seisundi piir

Keila jõgi enne linna on vaadeldavatel aastatel heas seisundis. Vaid 2003. ja 2006. aastatel oli seisundiklassiks kesine. Linnast juhitakse jõkke sademe- ja drenaaživett, heit- ja reovett.

Jõe seisund pärast linna on halvemas seisundis. 2003 ja 2006.aastatel on jõe seisund halb. Rohkem on ka kesist seisundit võrreldes jõe seisundiga enne linna (joonis 10).



Joonis 10. Keila (KEI) ja Keila suue (KES) ökoloogiline seisundiklass 1992-2015 ning hea ja kesise seisundi piir

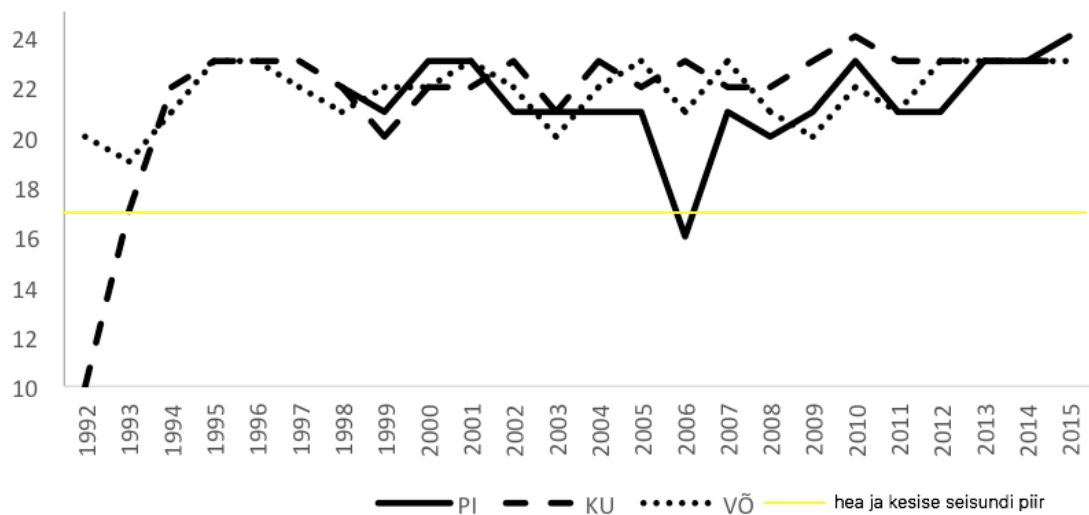
Pirita, Kunda ja Võhandu jõgede puhul tehakse seiret vaid ühest kohast. Seega pole võrreldavaid andmeid enne ja pärast linna. Jõed on valdavalt heas ja väga heas seisundiklassis. Erandiks on Kunda jõgi 1992.a, mil pH väärtus ületab 9 ja sellest tulenevalt vastavalt meetodikale on jõe ökoloogiline seisundiklass väga halb ning Pirita jõgi on 2006.a kesises seisundis (joonis 11).

Iru Elektriijaam võtab tarbevee Pirita jõest.

Kunda prügila juhib oma heitvee Kunda jõkke. Tsemenditehas võtab jahutusvee ja juhib oma jahutusvee jõkke. Pinnavett kasutavad veel Sadama pumpla ja Kunda haavapuitmassi tehas.

Võhandu jõkke suunatakse linna sademe- ja drenaaživesi ning linna heitvesi.





Joonis 11. Pirita (PI), Kunda (KU) ja Võhandu (VÕ) ökoloogiline seisundiklass 1992-2015 ning hea ja kesise seisundi piir

## 6. ARUTELU

Linnad ja inimtegevus mõjutavad jõgesid. Inimühiskonna urbaniseerumise ja tööstuse suurenemisega suureneb ka reovee hulk. Sellest tulenevalt on antud magistritöös püstitati hüpotees “linn mõjutab jõe ökoloogilist seisundit negatiivses suunas”.

Linnade mõju suurust neist läbivoolavatele jõgedele hinnata on raske ning seda on vähe varasemalt uuritud. Seiret teostatakse jõgede puhul üldiselt vaid ühest kohast (tavaliselt suudme-eelsest jõelõigust), et selgitada välja, millises seisundis vesi jõuab merre, sest seda on vaja raporteerida vastavalt Läänemere merekeskkonna kaitse komisjoni (HELCOM) sätestatud nõuetele. Linnu läbivate jõgede puhul on vaid Emajõe ja Keila kohta saada andmed, mis on seiratud enne ja pärast linna.

Pinnavee ökoloogiline seisund on määratud selle bioloogilise, hüdro-morfoloogilise (näiteks elupaikade tingimused) ja füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajatega. Bioloogilised kvaliteedinäitajad jõgedes on fütoplankton, makrofüüdid, fütobentos, põhjaselgrootud ja kalastik. Hüdro-morfoloogilised kvaliteedinäitajad on hüdroloogiline režiim, jõe ühetaolisus, morfoloogilised tingimused. Füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad jões on toitainete kontsentratsioon, soolsus, pH, hapnikusisaldus, happe neutraliseerimisvõime ja temperatuur (Euroopa Liidu keskkonnapoliitika... 2001).

Vooluveekogumi ökoloogiline seisundiklass määratakse bioloogiliste kvaliteedielementide ökoloogiliste seisundiklasside ja bioloogilisi kvaliteedielemente toetavate füüsikalise-keemiliste üldtingimuste ökoloogilise seisundiklassi (koondmääranguna) alusel halvima järgi (Pinnaveekogumite moodustamise kord... 2009).

Kõik kvaliteedielementide väärtused jagunevad viieastmeliseks klassifikatsiooniks:

- 5- väga hea ökoloogilise seisundi klass- kirjeldab inimtegevusest täielikult mõjutamata ning loodusliku veekogu seisundit;
- 4- hea ökoloogilise seisundi klass- kirjeldab väga vähese inimtegevuse mõjuga

ning looduslikule seisundile väga lähedase seisundiga veekogu;

- 3- kesine (keskmine) ökoloogilise seisundi klass- kirjeldab veekogu, mille seisund on mõjutatud mõõduka inimtegevuse poolt, mistõttu ei pruugi veekogus esineda kõiki looduslikke liike, veekogu voolusäng ei pruugi olla looduslik ning veekogu toitainete sisaldus võib olla suurenenud reostuskoormuse mõjul;
- 2- halb ökoloogilise seisundi klass- kirjeldab veekogu, mille seisund on kõikide kvaliteedielementide näitajate järgi inimtegevuse poolt tugevasti rikutud, vesi sellises veekogus võib olla reostunud ning paljud sellele veekogule omased liigid hävinud või kadunud;
- 1- väga halb ökoloogilise seisundi klass- kirjeldab veekogu, mille seisund on inimtegevuse tulemusena tõsiselt rikutud (Pinnaveekogumite moodustamise kord... 2009).

Jõgede hüdrobioloogilise seire aruannetest selgus, et Emajõe ökoloogiline seisund oli Kvissentali lõigus 2013. a. halb ja 2016. a. väga halb, Kavastu lõigus oli see 2013. a. väga halb ja 2016. a. kesine. Kunda jõe seisund oli 2010. a. suudme lõigus hea. Pirita jõe seisund oli alamjooksu lõigus 2014. a. hea. Võhandu jõe seisund oli all pool Räpinat 2014. a. ja 2016. a. kesine. Keila jõge pole võrreldava metoodikaga uuritud.

Vee füüsikalise-keemilise näitajaid on palju lihtsam, kiirem ja odavam määrata, kui bioloogilise näitajaid kindlaks teha. Füüsikalise-keemilise näitajaid määratakse uuritud jõelõikudest 4-12 korda aastas. Bioloogiliste näitajate alustel on vooluveekogusid hinnatud alles viimased 8-10 aastat ja antud töö jaoks võrreldavaid andmeid ei olnud võimalik leida, sest bioloogiliste näitajate kohta sellised aastatepikkused andmerekogud puuduvad. Samasid jõelõike hinnatakse bioloogiliste meetoditega iga 5-6 aasta järel. Lisaks kõikidest uuritud jõgedest ei ole seireveebis võrreldavaid andmeid olemas.

Seevastu füüsikalise-keemilise näitajaid on mõõdetud samasuguse rahvusvaheliselt interkalibreeritud meetodiga juba 1992.a. alates. Nendest andmetest oli võimalik sama meetodiga tagasi arvutada võrreldavad tulemused ja neid ongi töös analüüsitud (tabelid 24-25 ja joonised 9-11).

Andmete analüüsi juures on suureks puuduseks väljalaskmete kohta puudulik informatsioon. Nimelt puuduvad mõnedel juhtudel geograafilised koordinaadid, kuhu konkreetne väljalase juhitakse ning seetõttu on raske mõista ja hinnata selle mõju veekogule.

Samuti puudub informatsioon sademevee ülevoolude kohta juhtudel, kui on tegemist erakorralise olukorraga, mille tõttu juhitakse liigne sademevesi koos reoveega lahjendatud kujul reoveepuhastist mööda otse suublasse. Sellised juhtumid võivad aset leida ainult kindlatel tingimustel, kuid nende tingimuste täitmise kohta teave puudub.

Probleeme põhjustab ka erinevate andmebaaside omavahelisest mitteühildumisest ning seetõttu ei ole võimalik kindlaks teha, milliste väljalaskmete kaudu, millise koormusallika saasteaineid vette juhitakse. Näiteks, ei ole piisavalt informatsiooni keskkonnakompleksloa alusel tegutsevate käitiste väljalaskmete kohta (Metspalu, Kändler 2014).

Kahjuks tekitab raskusi ka informatsiooni leidmisel näiteks linnade rahvaarvu muutuste kohta, mis on lünklikud (lisa 1). Samuti lünklikud andmed heitveeliikide veeheidete kohta. Töös on kasutatud andmeid alates 2007, sest varasemaid andmeid polnud saadaval. Lisaks pole need andmed täielikud.

Raskusi tekitab ka terminoloogia, mis võib erineda erinevates allikates.

Töös selgus, et linnas elavate inimeste arv pole seoses heitvee veeheidete kogusega. Keila, Kunda, Räpina ja Tartu elanikkond on vähenenud 2000-2015 aastatel. Vaid Tallinna on rahvaarv suurenenud.

Jooniselt 9 on näha, et allpool Tartu linna Kavastu lõigus on vee seisund alates 1996. a. paranenud. Trend on selgelt olemas paranemise suunas. Tartus hakati reovett puhastama 1996.a, kui valmis reoveepuhasti mehaaniline osa, mis võimaldas eemaldada võreprahi, 50% heljumist ja 25% BHT-st. Veerand Tartu linna reoveest suunati reoveepuhastisse. 1999.a avati reoveepuhasti bioloogiline osa, mis võimaldas eraldada 95% heljumist ja BHT-st. Eraldati ka 80% fosforist ja 50% lämmastikust. Sel ajal suunati 80% Tartu linna reovett reoveepuhastisse. Kui vaadelda Emajõe

Kvissentali ja Kavastu ökoloogilisi seisundiklasse 1992-2015, siis vee ökoloogiline seisund on paranenud. Enne linna on vaid hea ja väga hea seisund. Pärast linna esineb ka mõnel aastal kesist seisundit. Linnast juhitakse Emajõkke 28 tänava sademe- ja drenaaživesi. Munga tn ja Tartu reoveepuhastusjaama reovesi juhitakse jõkke. Samuti kasutatakse jõevett jahutusveena ja suunatakse jahutusvett sinna, mõned ettevõtted kasutavad Emajõe vett tarbeveena. Veeheite kohta on saadaval andmed alates 2007.aastast. Alates 2008.aastast on Tartu linna veeheite hulk vähenenud, kuid 2015.a tõusnud.

Ka Keila puhul on näha, et enne linna esineb head ja väga head ökoloogilist seisundit rohkem kui pärast linna. Linnast juhitakse jõkke sademe- ja drenaaživett, heit- ja reovett. Heitvee hulk linnas on alates 2007.aastast kuni 2013.aastani vähenenud. 2013.a oli heitvee hulk suurim, kuid hiljem jälle vähenenud.

Mann-Whitney test Emajõe Kvissentali ja Kavastu jõelõikude tunnuste vahel näitas, et statistiliselt oluliselt erinesid need jõelõigud vees lahustunud hapniku protsendi, ammooniumiooni ja üldfosfori kontsentratsioonide ning pH osas. Kusjuures hapniku protsent ja pH olid kõrgemad Kvissentali lõigus ning ammooniumiooni ja üldfosfori kontsentratsioonid olid kõrgemad Kavastu lõigus.  $P_{\text{üld}}$  ja ammooniumioonid näitavad orgaanilist reostust. Kõrgem hapnikusisaldus näitab aga paremat ökoloogilist seisundit.

Sama test näitas Keila jões veidi teistsugust pilti. Statistiliselt olulised erinevused ilmnesisid ainult ammooniumiooni ja üldfosfori kontsentratsioonide osas. Mõlemad näitajad olid kõrgemad Keila linnast allavoolu jõe suudme-eelses lõigus. Seega reostusnäitajad näitavad suuremat reostust pärast linna.

Pirita, Kunda ja Võhandu jõgi on valdavalt heas ja väga heas seisundiklassis. Erandiks on Kunda jõgi 1992.a, mil pH väärtus ületab 9 ja seetõttu on jõe ökoloogiline seisundiklass väga halb. Pirita jõgi oli 2006.a kesises seisundis.

Pirita jõevett kasutatakse tarbeveena, Kunda jõkke juhitakse prügila heitvesi, jõevett kasutatakse jahutusvee ja tarbeveena. Võhandu jõkke suunatakse linna sademe- ja drenaaživett ning linna heitvesi.

Tallinnas on üldjoontes heitvee hulk vähenenud, samuti Kundas. Räpinas kõigub 2007-2015.aastatel heitvee hulk 56-126 tuhande m<sup>3</sup>/aastas vahel. Ei ole tähendatav vähenemise või suurenemise tendentsi.

Üldiselt on Eesti jõed heas seisundis, mida näitavad ka EL liikmesriikide jõgede ökoloogilise seisundi võrdlused. Eesti jõed on Euroopa liikmesriikide võrdluses parimas seisundis (joonis 1).

Töös püstitatud hüpotees leidis kinnitust. Jõevee kvaliteet halveneb linna läbides.

## KOKKUVÕTE

Puhas vesi on oluline loodusvara üle maailma. 2000.a võeti vastu EL veepoliitika raamdirektiiv, mis sätestab, et liikmesriigid peavad saavutama kõigi pinnavete hea seisundi. Kui vaadelda Eesti jõgesid 2012.a, siis on näha, et Eesti vooluveekogud on Euroopa Liidu parimas seisundis.

Vaatamata sellele, et Eesti jõgede seisund on hea, on oluline seirata pinnaveekogusid. Linnad ja inimtegevus mõjutavad jõgesid. Inimühiskonna urbaniseerumise ja tööstuse suurenemisega suureneb ka reovee hulk.

Antud magistritöös antakse ülevaade Eesti jõgede seisundist ja uuritakse viie Eesti linna näitel, kuidas linn mõjutab neid läbivate jõgede füüsikalisi-keemilisi kvaliteeti 1992-2015.aastatel. Vaatluse all on Räpinas Võhandu jõgi, Tartus Emajõgi, Keilas Keila jõgi, Kundas Kunda jõgi ja Tallinnas Pirita jõgi.

Töös analüüsitakse jõgede seireandmeid statistiliste meetoditega. Vaadeldakse füüsikalisi-keemilisi kvaliteedinäitajaid, milleks on pH, lahustunud hapniku küllastusprotsent, biokeemiline hapnikutarve, ammoniumioonide, üldlämmastiku- ja üldfosforisisaldus.

Vee füüsikalisi-keemilisi näitajaid on võrreldes bioloogiliste näitajatega palju lihtsam, kiirem ja odavam määrata. Füüsikalisi-keemilisi näitajaid määratakse uuritud jõelõikudest 4-12 korda aastas. Bioloogiliste näitajate alustel on vooluveekogusid hinnatud alles viimased 8-10 aastat ning hinnatakse vaid 5-6.a järel. Lisaks ei ole seireveebis võrreldavaid andmeid olemas.

Seevastu füüsikalisi-keemilisi näitajaid on mõõdetud sama meetodiga juba 1992.a. alates. Nendest andmetest oli võimalik sama meetodiga tagasi arvutada võrreldavad tulemused ja neid ongi käesolevas töös analüüsitud.

Vaid Emajõe ja Keila puhul on olemas seireandmed enne ja pärast linna, mis võimaldas andmeid analüüsida ka Mann-Whitney meetodiga, mis aitas välja selgitada, millised näitajad erinevad statistiliselt oluliselt. Emajões erinesid lahustunud hapniku protsent, pH, ammooniumioonide ja üldfosfori kontsentratsioonid. Kaks esimest näitajat olid kõrgemad Kvissentali jõelõigus ning orgaaniline reostus  $P_{\text{üld}}$  ja ammooniumioonide järgi oli suurem jões pärast linna. Test näitas Keila linnast allavoolu jõe suudme-eelses lõigus suuremat orgaanilist reostust (ammooniumioonid ja  $P_{\text{üld}}$ ) võrreldes linnaeelse seisundiga.

Allpool Tartu linna Kavastu lõigus on vee seisund alates 1996. a. paranenud. Tartus hakati reovett puhastama 1996.a. Kui vaadelda Emajõe Kvissentali ja Kavastu ökoloogilisi seisundiklasse 1992-2015, siis vee ökoloogiline seisund on paranenud. Enne linna on vaid hea ja väga hea seisund. Veeheite kohta on saadaval andmed alates 2007.aastast. Alates 2008.aastast on Tartu linna veeheite hulk vähenenud, kuid 2015.a tõusnud.

Ka Keila puhul on näha, et enne linna esineb head ja väga head ökoloogilist seisundit rohkem kui pärast linna. Linnast juhitakse jõkke sademe- ja drenaaživett, heit- ja reovett. Heitvee hulk linnas on alates 2007.aastast kuni 2013.aastani vähenenud. 2013.a oli heitvee hulk suurim, kuid hiljem jälle vähenenud.

Pirita, Kunda ja Võhandu jõgede puhul tehakse seiret vaid ühest kohast. Seega pole võrreldavaid andmeid enne ja pärast linna. Need jõed on 1992-2015.aastatel valdavalt heas ja väga heas seisundiklassis.

Vee kvaliteeti mõjutab jõgedesse juhitud linna sademe- ja drenaaživesi, heitvesi ning veevõtt. Seoseid rahvastikumuutustega ei täheldanud.

Töös on püstitatud hüpotees “linn mõjutab jõe ökoloogilist seisundit negatiivses suunas”, mis leidis ka tõestuse.



# THE IMPACT OF CITIES ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL STATE OF RIVERS

## Summary

Clean water is a globally important resource. The quality of water is directly connected to the ecosystems as well as people's health. Because of this, it is important to monitor bodies of water, and improve quality where necessary.

Since the beginning of time, cities have been built by the riverside. Our inland bodies of water play an important role in fishing, the water supply, draining of sewage, recreation, and occasionally in traffic, as well as highlighting the landscape and in the formation of the local climate.

This Master's thesis provides an overview of the state of rivers in Estonia, and examines the impact cities have on the rivers passing through them in terms of physical and chemical quality in the years 1992-2015. Observed are the Võhandu river in Räpina, Emajõgi river in Tartu, Keila river in Keila, Kunda river in Kunda and Pirita river in Tallinn.

The thesis will analyze the monitoring data of rivers with statistical methods. The observable characteristics are, as per regulation nr. 44 assigned by the Minister of Environment, the physical-chemical quality indicators to define the ecological state of a watercourse, which include pH, saturation levels of dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, ammonium ion content, total nitrogen content and total phosphoric content.

The greatest sources of pollution to water in Estonia are non-point sources, such as waste dissolving from the forests and trees, primarily compounds of phosphor and nitrogen, waste from areas unconnected to the sewer system (causing 47% of man-

made contamination), as well as point sources such as sewage treatment plants, manure storage facilities, wastewater, runoff water or pollutants of a specific location with guided output (causing 15% of man-made contamination). The ecological state of bodies of water is also influenced by water abstraction and direct physical influences including dredging, dilatation and obstructing the free flow of water. Calculations done in 2008 showed that 15% of Estonia's river's are at risk due to point sourced contamination.

Only the Emajõgi and Keila rivers provide monitoring data prior and post urban establishment, which enabled the current thesis to analyze the data using the Mann-Whitney method among others, to show which part of the data display significant statistic differences. The Emajõgi river showed differences in the percentage of dissolved oxygen, pH, and concentrations of ammonium ions and total phosphoric content. The first two figures were higher in the Kvissental river section, and organic contamination by total phosphoric content and ammonia ions in the river was higher post urban establishment.

Water conditions in downtown Tartu, in the Kavastu river section have improved since 1996. Tartu began wastewater cleansing in that year. Upon inspection of the ecological class conditions of Kvissentali and Kavastu in Emajõgi 1992-2015, the ecological state of water has improved. Pre-urban establishment data show only good and high conditions. Water discharge data are available from 2017. Water discharge in the city of Tartu has decreased since 2008, but risen in 2015.

The Mann-Whitney test showed a slightly different result in Keila river. Statistically important differences appeared only in the concentrations of ammonium ions and total phosphoric content.

Both figures showed an increase downstream from the Keila city, in the section preceeding the river mouth. Thus, contamination indicators show an increase after urban establishment. Keila's data also shows more good and high water states prior to urban establishment as opposed to after. Rain, drainage, sewage and contaminated water is being led into the river from the city. The volume of sewage water in the city

has decreased from 2007 to 2013. 2013 marked the greatest volume of waste water, but the volume decreased again later.

The Pirita, Kunda and Võhandu rivers are monitored from a single site. Because of this, there exists no comparable data of contamination levels prior and post urban establishment. These rivers have been primarily in good and high class conditions in the years 1992-2015.

Water quality is affected by rain and drainage water and sewage water being led into the rivers from the city, as well as water abstraction. No connection to changes in population was made.

The posed hypothesis of the city affecting the ecological state of the river towards the negative, was confirmed.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Bayram, A., Önsoy, H., Bulut, N., V., Akinci, G.** (2012). Influences of urban wastewaters on the stream water quality: a case study from Gumushane Province, Turkey. - *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 185, No. 2, pp. 1285–1303  
[https://www.researchgate.net/publication/224820371\\_Influences\\_of\\_urban\\_waste\\_waters\\_on\\_the\\_stream\\_water\\_quality\\_A\\_case\\_study\\_from\\_Gumushane\\_Province\\_Turkey](https://www.researchgate.net/publication/224820371_Influences_of_urban_waste_waters_on_the_stream_water_quality_A_case_study_from_Gumushane_Province_Turkey)
2. **Danilišina, G., Tooming, A., Sinikas, N., Zahharov, A., Endjärv, E., Ennet, P.** (2012). Asulareovee puhastamise direktiivi nõuete täitmine Eestis. Keskkonnaministeerium. Tallinn.  
[http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/Art%2016\\_aruanne\\_2012\\_LOPLIK.pdf](http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/Art%2016_aruanne_2012_LOPLIK.pdf)
3. Dell Inc. 2015. Dell Statistica (data analysis software system), version 12. [software.dell.com](http://software.dell.com)
4. Emajõgi. (2017). Keskkonnaregistri avalik teenus.  
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?id=VEE-1089627227&mount=view#HTTPSyfniEcAUvFHp67OUMK6vF1XmcwaUT>
5. Euroopa Liidu keskkonnapoliitika Vee raamdirektiivis. (2001). Euroopa Keskkonnabüroo juhend valitsusvälistele keskkonnakaitse organisatsioonidele. Eesti Roheline Liikumine. Tallinn.  
<http://www.roheline.ee/userfiles/file/publikatsioonid/EL-keskkonnapoliitika.pdf>
6. European waters — assessment of status and pressures (2012). European Environment Agency. EEA Report No 8/2012. Copenhagen.
7. **Hindrikson, M.** (2016). Jõgede hüdrokeemiline seire, Aruanne, OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Tartu.  
[http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3478/aru15\\_4.1.1.4\\_joed.pdf](http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3478/aru15_4.1.1.4_joed.pdf)
8. Inimtegevuse tulemusena veekeskkonnale avalduvate koormuste loetelu.  
[https://www.envir.ee/sites/default/files/koormuste\\_loetelu.pdf](https://www.envir.ee/sites/default/files/koormuste_loetelu.pdf)
9. **Jamwal, P., Zuhail, T., Md., Urs, P., R., Srinivasan, V., Lele, S.** (2015). Contribution of sewage treatment to pollution abatement of urban streams. – *Current Science*. Vol. 108, No. 4, pp. 677-685  
[http://www.atree.org/sites/default/files/Jamwal\\_et\\_al\\_CS-2015\\_web.pdf](http://www.atree.org/sites/default/files/Jamwal_et_al_CS-2015_web.pdf)
10. **Järvekülg, A.** (2001). Eesti jõed. EPMÜ Zooloogia ja Botaanika Instituut. Tartu Ülikooli Kirjastus. Lk 244-256, 427-431, 485-490, 501-508.
11. **Järvekülg, A.** (1994). Eesti jõgede ja järvede seisund ning kaitse. Eesti teaduste akadeemia looduskaitse komisjon. Teaduste akadeemia kirjastus. Tallinn.
12. **Kärmas, R., Ristal, M., Sinikas, N., Andresson, M., Tamre, R., Ennet, P.** (2016). Asulareovee puhastamise direktiivi nõuete täitmine Eestis 2016. Keskkonnaministeerium. Keskkonnaagentuur.  
[http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/uwwtd\\_art-16\\_aruanne.pdf](http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/uwwtd_art-16_aruanne.pdf)
13. Keila. (2017). Keskkonnaregistri avalik teenus.  
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?id=VEE620978939&mount=view#HTTPVqZTVOqBkDSd8i2aldHbIM8fqqhVqs>

14. Keila linn. (2017). Statistikaamet. <http://www.stat.ee/ppe-keila-linn>
15. Kunda. (2017). Keskkonnaregistri avalik teenus.  
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?id=VEE901091020&mount=view#HTTPQU5ZRTDehdYB1zDFx5yOZiHtRAwcat>
16. **Lanz, K., Scheuer, S.** (2001). Euroopa Liidu keskkonnapoliitika Vee raamdirektiivis. Euroopa Keskkonnabüroo juhend valitsusvälistele keskkonnakaitse organisatsioonidele.  
<http://www.roheline.ee/userfiles/file/publikatsioonid/EL-keskkonnapoliitika.pdf> (1.06.16)
17. Lääne-Viru maakond. (2017). Statistikaamet. <http://www.stat.ee/ppe-laane-viru-maakond>
18. Meetmeprogramm 2015–2021. (2016). Keskkonnaministeerium.  
<http://www.envir.ee/sites/default/files/meetmeprogramm.pdf>
19. Peipsi järve seisundi parandamise meetmete tulemuslikkus. (2012). Riigikontrolli aruanne Riigikogule. Tallinn. [http://www.environmental-auditing.org/Portals/0/AuditFiles/Estonia\\_f\\_est\\_Improving-the-Status-of-Lake-Peipus.pdf](http://www.environmental-auditing.org/Portals/0/AuditFiles/Estonia_f_est_Improving-the-Status-of-Lake-Peipus.pdf)
20. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord. (Vastu võetud 28.07.2009 nr 44). - *Riigi teataja*  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/13210253>
21. Pirita. (2017). Keskkonnaregistri avalik teenus.  
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?id=VEE-2030091607&mount=view#HTTPLt825DZlpS7O4HFNKQAC5ifuyDfDI7>
22. Pirita jõgi Nehatu, Loo ja Paritõkke paisud. (2014). Keskkonnaagentuur.  
<http://www.keskkonnaagentuur.ee/et/pirita-nehatu-loo>
23. Pirita jõgi. (2003). Eesti Entsüklopeedia.  
[http://entsyklopeedia.ee/artikkel/pirita\\_jogi3](http://entsyklopeedia.ee/artikkel/pirita_jogi3)
24. **Reisner, R., Väljataga, K., Truuma, I.** (2013). Eesti vete seisund.  
[http://www.keskkonnaamet.ee/public/Keskkonnaharidus/konverentsid/Konverentside\\_ettekandet/Irja\\_Truuma\\_Parnu.pdf](http://www.keskkonnaamet.ee/public/Keskkonnaharidus/konverentsid/Konverentside_ettekandet/Irja_Truuma_Parnu.pdf)
25. Rápina valla terviseprofiil. (2016). Rápina. Konsultatsiooni- ja koolituskeskus Geomedia.  
[https://www.rapina.ee/documents/378445/550183/Terviseprofiil\\_2016-2020.pdf/fdc8c31d-c450-4145-a7a6-166df5e71c2e](https://www.rapina.ee/documents/378445/550183/Terviseprofiil_2016-2020.pdf/fdc8c31d-c450-4145-a7a6-166df5e71c2e)
26. Suur-Emajõe kalanduse arendamise tegevuskava 2007-2013. Peipsi Alamvesikonna Kalurite Liit. Keskkonnainvesteeringute Keskus.  
<http://www.kalastusinfo.ee/media/Suur-Emajoe%20kalanduse%20arendamise%20tegevuskava%202007-2013.pdf>
27. Tallinn. (2017). Statistikaamet. <http://www.stat.ee/ppe-tallinn>
28. Tallinna linna kodulehekülge. (2017). (<http://www.tallinn.ee/est/pirita/Pirita-linnaosa-tutvustus>)
29. Tartu linn. (2017). Statistikaamet. <http://www.stat.ee/ppe-tartu-linn>
30. Tartu veevärk ajalugu. <http://www.tartuvesi.ee/ajalugu>
31. **Troyer, N., D., Mereta, S., T., Goethals, P., L., M., Boets, P.** (2016). Water Quality Assessment of Streams and Wetlands in a Fast Growing East African City. – *Water* 2016 <http://www.mdpi.com/2073-4441/8/4/123/htm>
32. **Vassiljev, A., Blinova, I., Ennet, P.** (2008). Source apportionment of nutrients in Estonian rivers. – *Desalination*. Vol 226, pp. 222–230.

- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916408001549>
33. Veekasutuse aruanded. (2007-2015). Keskkonnaagentuur.  
<http://www.keskkonnaagentuur.ee/et/veekasutuseaastaruanded>
34. Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid bioloogiliste ja füüsikalise-keemiliste kvaliteedielementide ja kvaliteedinäitajate järgi. Keskkonnaministri 28. juuli 2009. a määruse nr 44 „Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord” lisa 4 (keskkonnaministri 12.11.2010. a määruse nr 59 sõnastuses). (Vastu võetud 25.11.2010, jõustunud 28.11.2010).- *Riigi Teataja*  
[https://www.riigiteataja.ee/akti/1251/1201/0015/KKM59\\_lisa4.pdf](https://www.riigiteataja.ee/akti/1251/1201/0015/KKM59_lisa4.pdf)
35. Võhandu. (2017). Keskkonnaregistri avalik teenus.  
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?id=VEE1244102520&mount=view#HTTPVKxpvQp3v1kPiu1a3W7d9e8cSoLb4K>
36. Ülevaade koormusest, mida inimtegevus avaldab pinnaveele. Ida-Eesti vesikond. Lääne-Eesti vesikond. Koiva vesikond. (2014). AS Infragate Eesti.  
([http://www.envir.ee/sites/default/files/koormuste\\_ylevaade.pdf](http://www.envir.ee/sites/default/files/koormuste_ylevaade.pdf))
37. Ülevaade olulistest veemajandusprobleemidest 2008. (2008). Tallinn: Keskkonnaministeerium.  
<http://www.envir.ee/sites/default/files/kkmylevaadeolulistestveemajandusprobleemidest.pdf>

**LISAD**

Lisa 1. Rahvaarvu muutused Tallinnas, Tartus, Keilas, Kundas ja Rāpinas 2000-2015

| Aasta | Tallinn | Tartu   | Keila  | Kunda | Rāpina |
|-------|---------|---------|--------|-------|--------|
| 2000  | 401 240 |         | 10 065 | 4000  | 2910   |
| 2001  | 398 290 |         | 10 030 | 3990  | 2920   |
| 2002  | 395 770 |         | 9960   | 3985  | 2910   |
| 2003  | 396 680 |         | 9825   | 3970  | 2865   |
| 2004  | 399 405 |         | 9715   | 3960  | 2785   |
| 2005  | 399 440 |         | 9630   | 3900  | 2730   |
| 2006  | 397 575 |         | 9560   | 3805  | 2720   |
| 2007  | 396 785 | 101 680 | 9560   | 3750  | 2710   |
| 2008  | 397 100 | 101 490 | 9720   | 3730  | 2675   |
| 2009  | 397 950 | 101 000 | 9905   | 3705  | 2620   |
| 2010  | 399 810 | 100 930 | 9995   | 3635  | 2580   |
| 2011  | 402 491 | 100 670 | 9961   | 3532  | 2522   |
| 2012  | 404 960 | 99 558  | 9870   | 3438  | 2462   |
| 2013  | 408 561 | 99 518  | 9799   | 3328  | 2406   |
| 2014  | 412 423 | 98 449  | 9755   | 3246  | 2337   |
| 2015  | 418 601 | 97 332  | 9668   | 3180  | 2273   |



**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Aigrid Kõõra, (27.03.1992)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
**LINNADE MÕJU JÕGEDE FÜÜSIKALIS-KEEMILISELE SEISUNDILE**  
**VIIES EESTI LINNAS**, mille juhendaja on Sirje Vilbaste,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi  
ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 22.05.2017

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

Sirje Vilbaste

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)